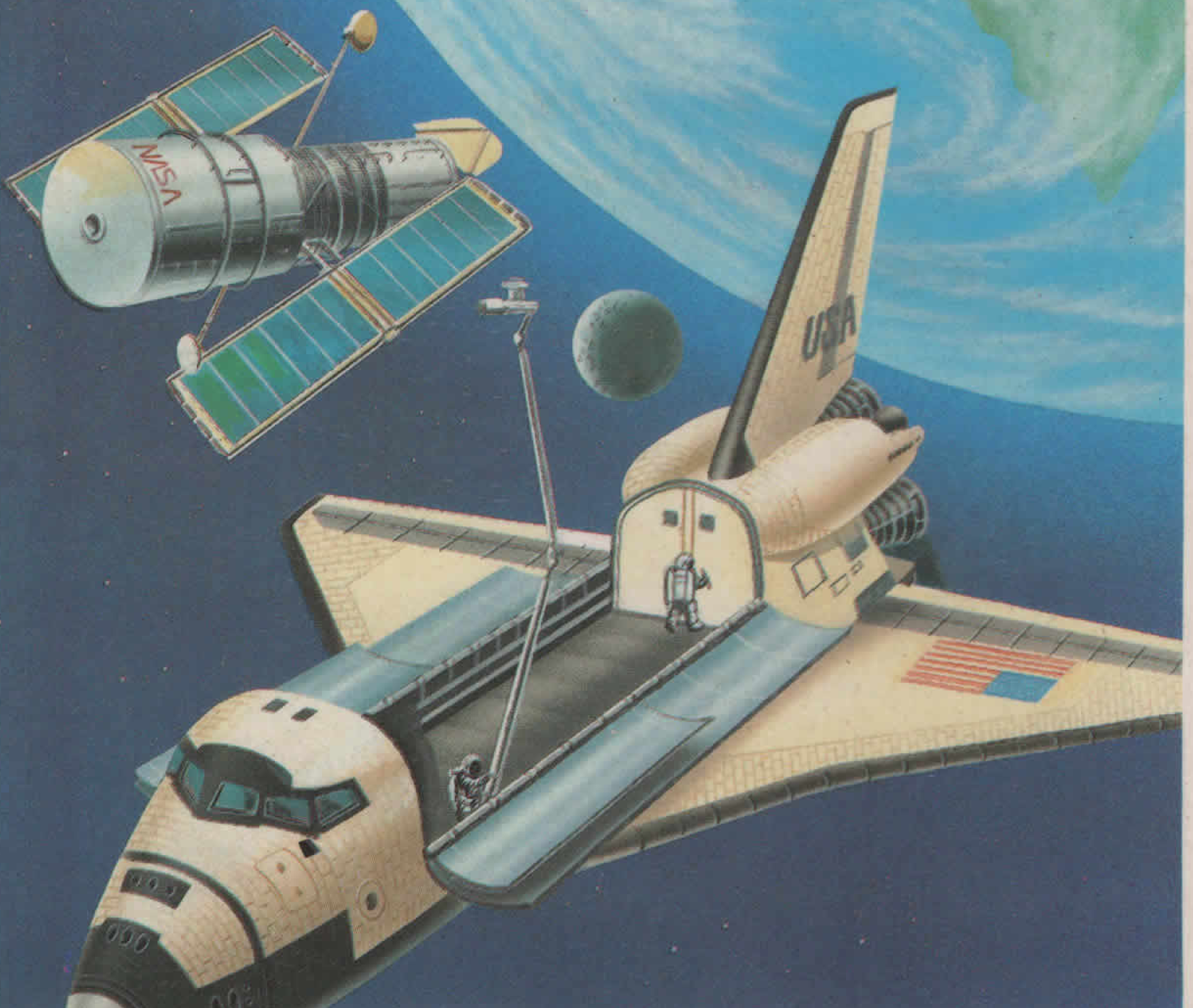
A TERRA
O UNIVERSO
E A CONQUISTA DO ESPAÇO

PIERRE KOHLER



BERTRAND EDITORA

PIERRE KOHLER

A TERRA, O UNIVERSO E A CONQUISTA DO ESPAÇO

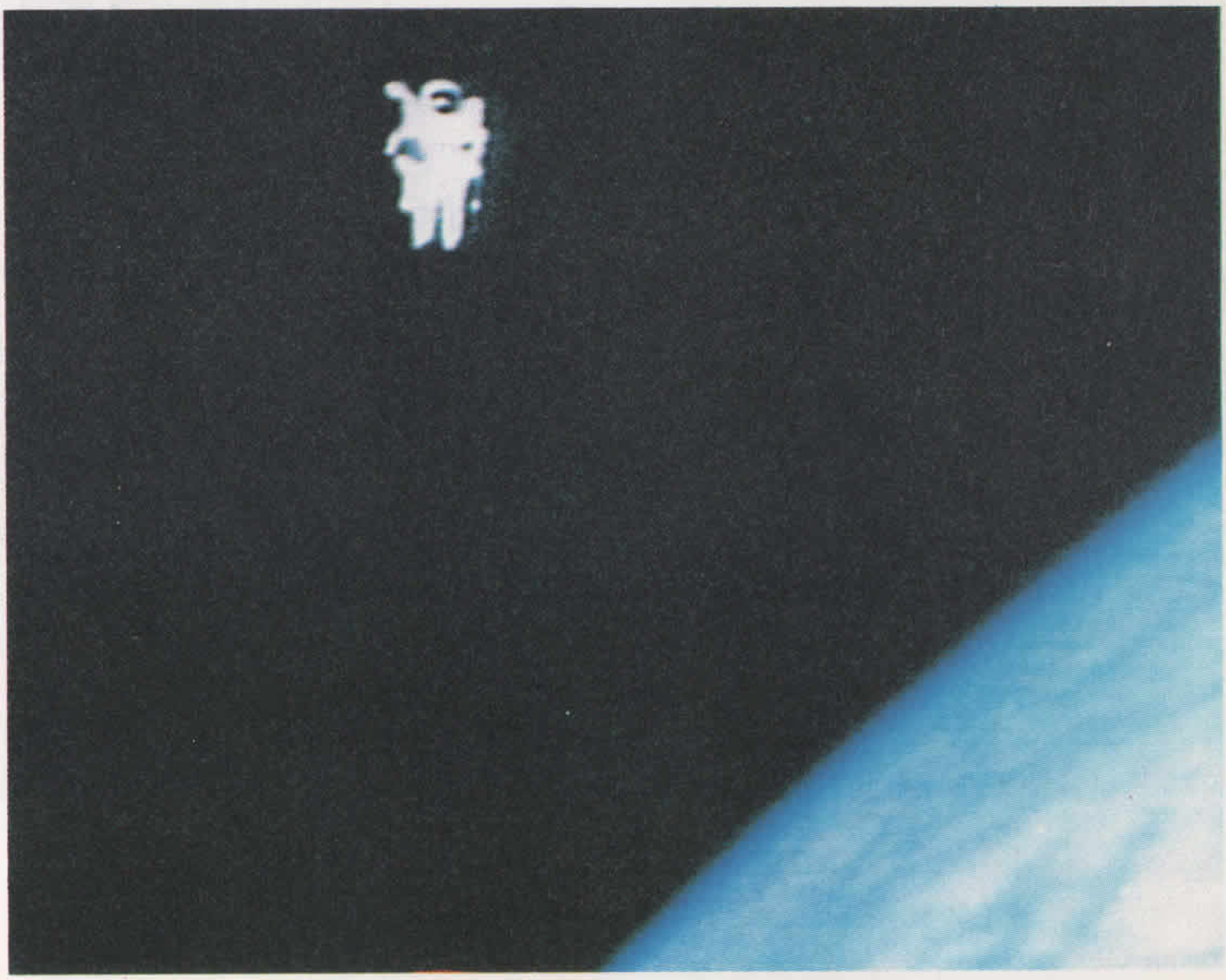
BERTRAND EDITORA
VENDA NOVA

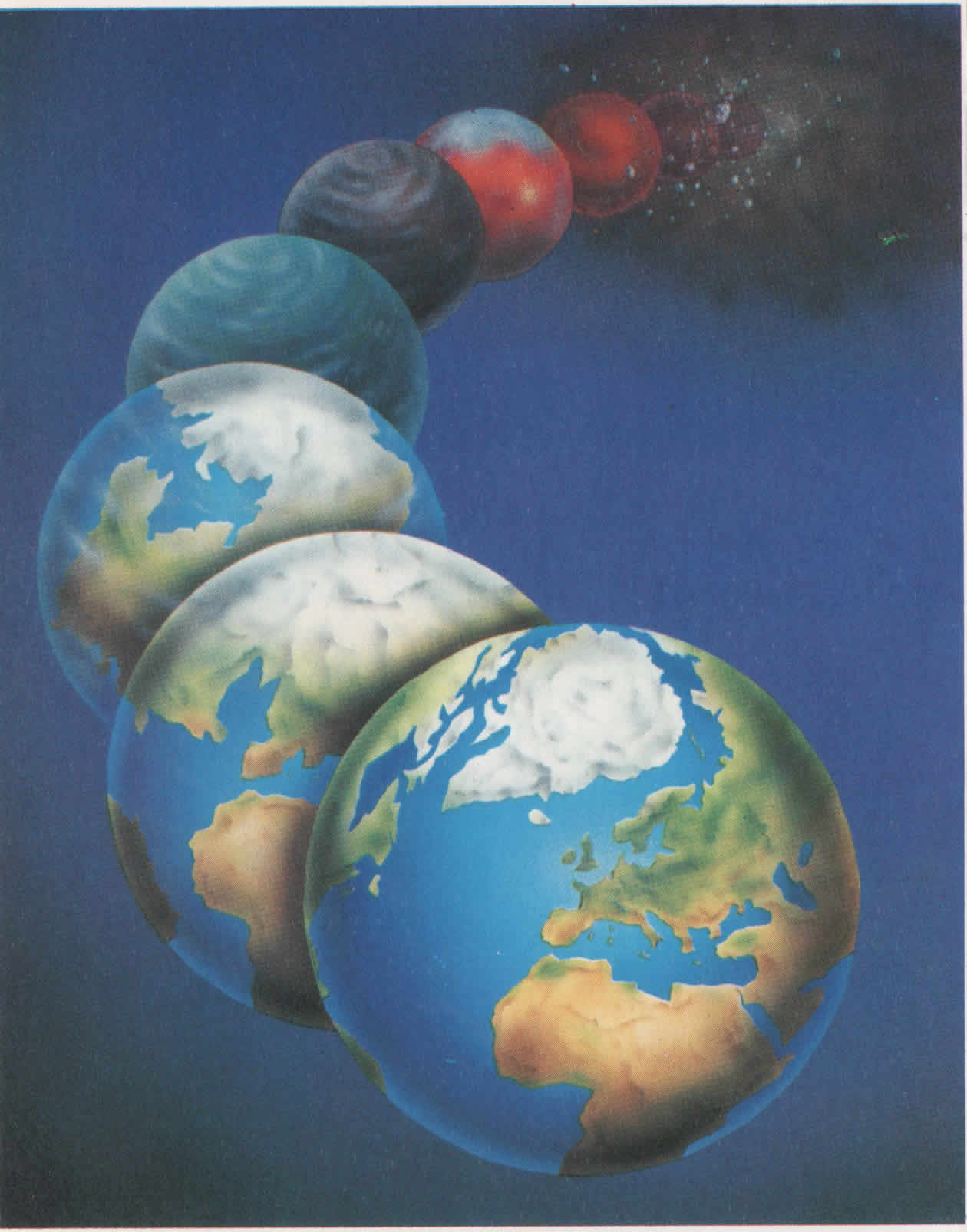


***Em 7 de Fevereiro de 1984,** pela primeira vez na história da conquista do espaço, um astronauta pôde evoluir livremente no vazio sem estar ligado por um «cordão» à nave espacial (página da direita). E fê-lo graças a uma espécie de* maple *equipado com foguete, familiarmente chamado «*scooter *espacial». Esta esperiência realizada com êxito teve lugar durante a décima missão do vaivém americano.*

Vista do espaço

«A Terra é um oásis perdido no deserto negro do espaço», disse Franck Borman, o astronauta comandante da missão espacial Apollo 8. *Enquanto, juntamente com os companheiros Jim Lovell e Bill Anders, a algumas horas da meia-noite de Natal de 1968, se aproximava daquela Lua que nenhum ser humano havia sobrevoado, o astronauta americano compreendeu até que ponto o nosso planeta é belo. Podemos compartilhar a sua opinião admirando as esplêndidas fotografias que as tripulações das diferentes missões* Apollo *tiveram o privilégio de tirar, a mais de 100 000 quilómetros de distância.*





***Foi provavelmente assim que evoluiu o nosso planeta** em 4,6 mil milhões de anos, a partir de uma nuvem de poeiras. Estas aproximaram-se e aglomeraram-se para formar um globo sólido.*

Este planeta que é o nosso

A nossa Terra, colocada em terceiro lugar quanto à sua distância do Sol, é apenas a quinta quanto ao tamanho. Se Júpiter, o maior dos planetas, fosse oco, poderia conter 1400 Terras! Vemos assim a que ponto vivemos num pequeno astro, compadado com bastantes outros do sistema solar. Quanto à terceira posição, ela situa-nos a 150 milhões de quilómetros do Sol. Um pequeno cálculo simples mostra que se o Sol (1 400 000 km de diâmetro) fosse uma bola de futebol, a Terra (12 742 km) seria uma pequena pérola situada a 70 metros dele...

Contudo, à escala humana, a Terra é um enorme planeta: para dar a volta à Terra é preciso percorrer 40 000 quilómetros. E, supondo que tivesse carburante suficiente para evitar qualquer escala, um avião de carreira levaria dois dias para efectuar este trajecto. Por seu turno, os satélites artificiais em órbita baixa levam somente uma hora e meia para realizar uma volta à Terra.

Viagem ao centro da Terra

E se, como os heróis de Júlio Verne, pudéssemos penetrar no interior do nosso planeta, até ao seu centro, descobriríamos que ele é constituído por várias «conchas» sobrepostas.

Na superfície, encontramos uma camada rochosa que forma a crosta terrestre. A sua espessura é muito variável: apenas 5 quilómetros debaixo dos oceanos, 40 quilómetros na zona de cadeias montanhosas como o Himalaia, os Alpes ou a cordilheira dos Andes.

Esta crosta é constituída essencialmente por rochas graníticas.

Sob a crosta estende-se um «manto» feito de basalto, rocha cinzento-escura que se usa para construir casas nas regiões vulcâ-

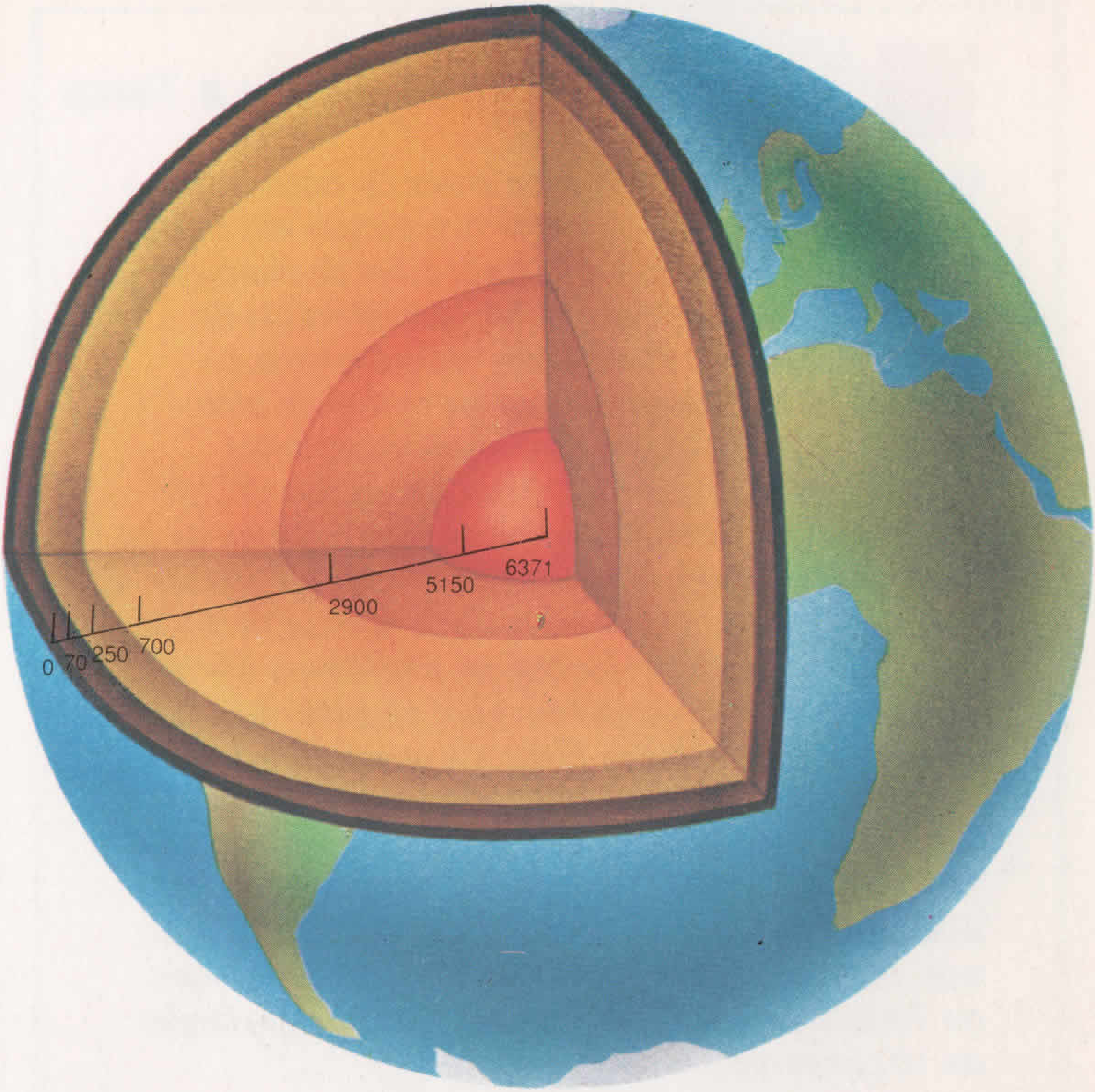
nicas. O basalto é uma das principais matérias lançadas pelos vulcões. A espessura total do manto é de cerca de 2900 quilómetros.

Ele envolve um núcleo externo formado por ferro e níquel. Não é muito volumoso, mas aqui a matéria está mais comprimida, é mais «densa», se bem que o núcleo reserva para si apenas um terço do peso da Terra.

De notar também que a temperatura aumenta bastante rapidamente à medida que se penetra nas entranhas do nosso planeta, atingindo-se já a temperatura da água a ferver no fundo de um poço com 5 quilómetros de profundidade. Por conseguinte, a viagem imaginada por Júlio Verne seria impraticável na realidade.

Devido à existência de uma atmosfera, *a superfície da Terra está sujeita a diversas formas de erosão (ventos, chuvas) que esculpem o relevo. Na imagem, o grande* canyon *do Arizona, nos Estados Unidos.*





A Terra é um pouco como um fruto, *com um núcleo central, um manto que corresponde à polpa, e uma crosta que é de certo modo a pele. A crosta terrestre é muito pouco espessa. Os números indicados neste corte referem-se a quilómetros.*

O planeta «Oceano»

Os mares e os oceanos cobrem 71 por cento, ou seja, quase três quartos da superfície do globo terrestre. O nosso planeta é o único, no sistema solar, em que pode existir uma tão grande quantidade de água no estado livre. Se a superfície da Terra fosse absolutamente livre, os oceanos cobri-la-iam com uma camada uniforme de 2900 metros de profundidade...

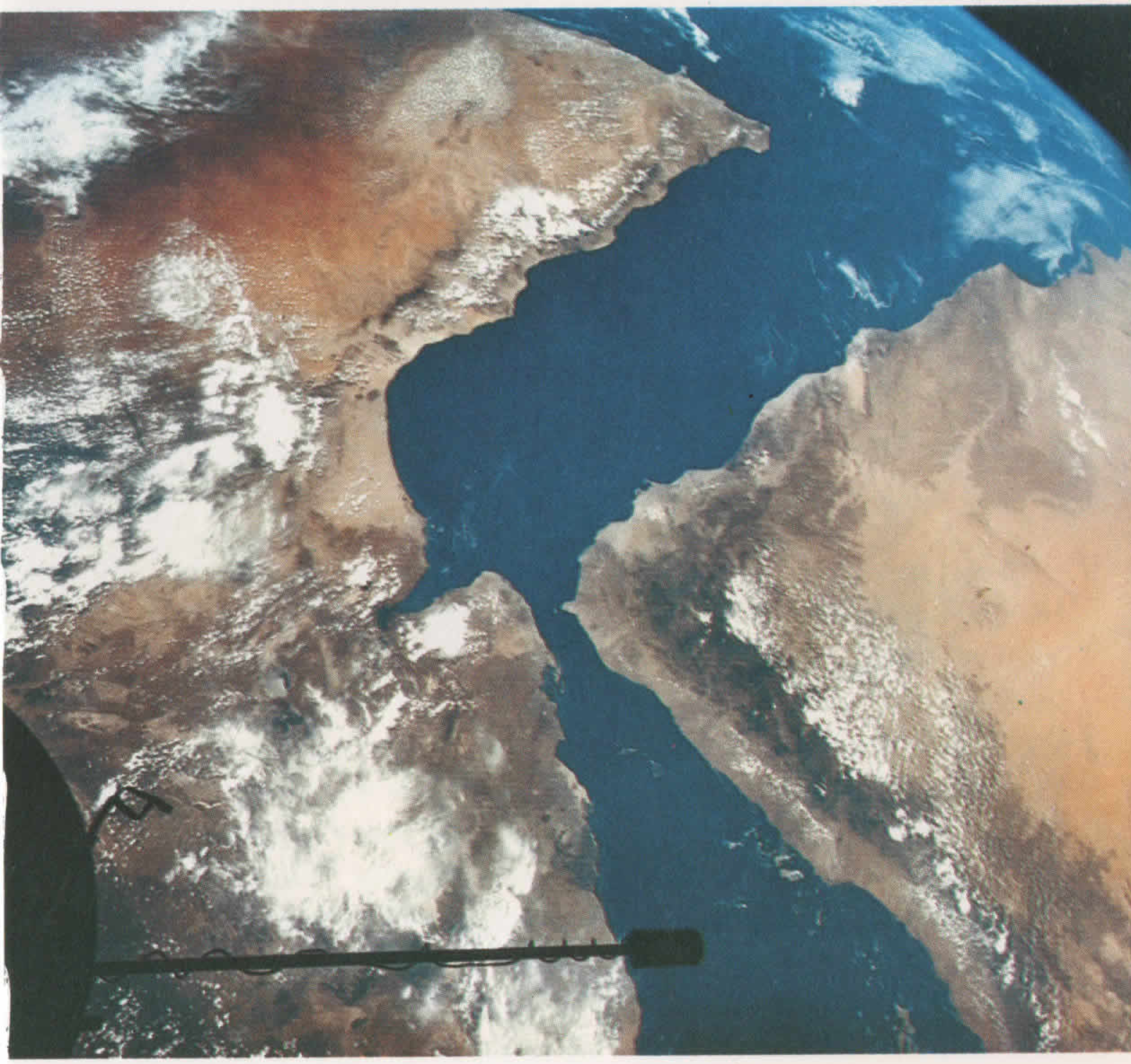
Mas a superfície terrestre não é

Como Eratóstenes mediu a Terra

Um pouco antes de 200 anos antes da nossa era, o sábio grego Eratóstenes tinha notado que em Siene (actualmente Assuão, no Egipto) o Sol do meio-dia se encontrava exactamente na vertical no dia de Verão. Porém, em Alexandria, onde ele vivia, os obeliscos projectavam no mesmo momento uma sombra no solo. A partir do comprimento desta sombra, deduziu que o Sol fazia um desvio de 7,2° com a vertical. Este ângulo representa a diferença de latitude entre Siene e Alexandria. Como 7,2 corresponde exactamente 50° parte de uma circunferência (7,2x50=360) bastava multiplicar a distância Siene--Alexandria (5000 «estádios») por 50 para obter a circunferência da Terra. Sabendo que o estádio, medida de comprimento utilizada na Antiguidade, vale 177,4 metros, encontra-se para a circunferência: 5000x50x177,4=44 350 quilómetros. Ora a circunferência polar do nosso planeta é de 40 010 quilómetros. Por conseguinte, há 2200 anos, as dimensões da Terra eram já conhecidas com uma aproximação de 10 por cento.

A Etiópia, a Somália e a Arábia Saudita, *parcialmente cobertas de nuvens, são visíveis nesta fotografia tirada em 1966 pelos astronautas da cápsula* espacial Gemini 11, *a 1300 quilómetros de altitude. Jibuti situa-se precisamente no estrangulamento que separa o mar Vermelho do golfo de Adem, desembocando no oceano Índico. O mar Vermelho abriu-se lentamente, ao fim de 10 milhões de anos, devido ao afastamento da África e da Ásia, segundo o esquema da direita, em cima.*


Movimento das rochas vulcânicas sobre os fundos marinhos
Lavas polarizadas para o sul
Lavas polarizadas para o norte
Novas lavas formam os vulcões submarinos

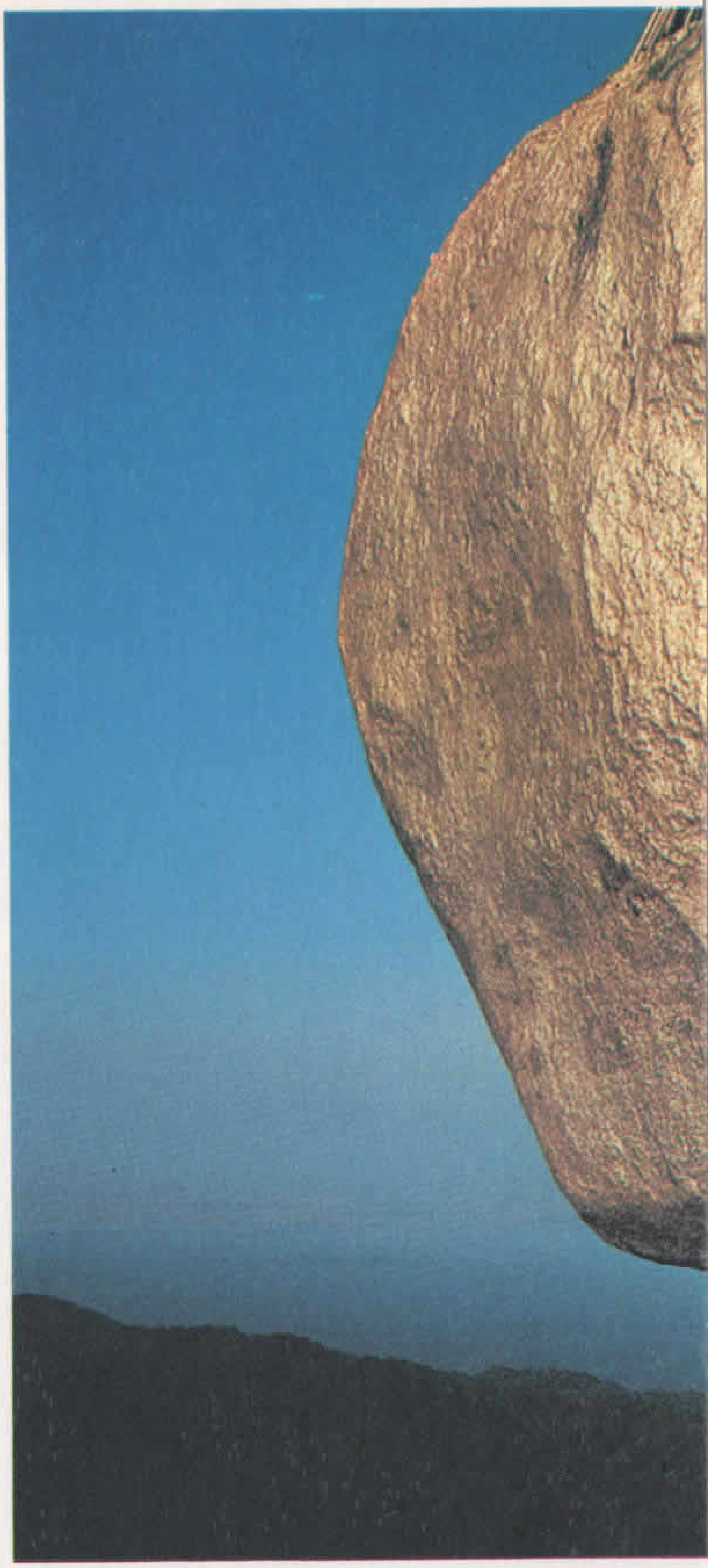


lisa, longe disso. Quer seja acima do nível do mar (nos continentes), quer nas profundezas dos oceanos, encontram-se montanhas, planícies, planaltos e vales.

Este relevo existe porque a Terra não é contínua. Tal como a carapaça de uma tartaruga, é constituída por uma justaposição de placas. Porém, a comparação termina aqui. É que, no caso da Terra, trata-se de placas rochosas que se deslocam lentamente em relação umas às outras. Este deslocamento é extremamente lento, da ordem de alguns centímetros por ano. No entanto, é suficientemente importante para que a face da Terra se modifique profundamente ao longo das eras geológicas.

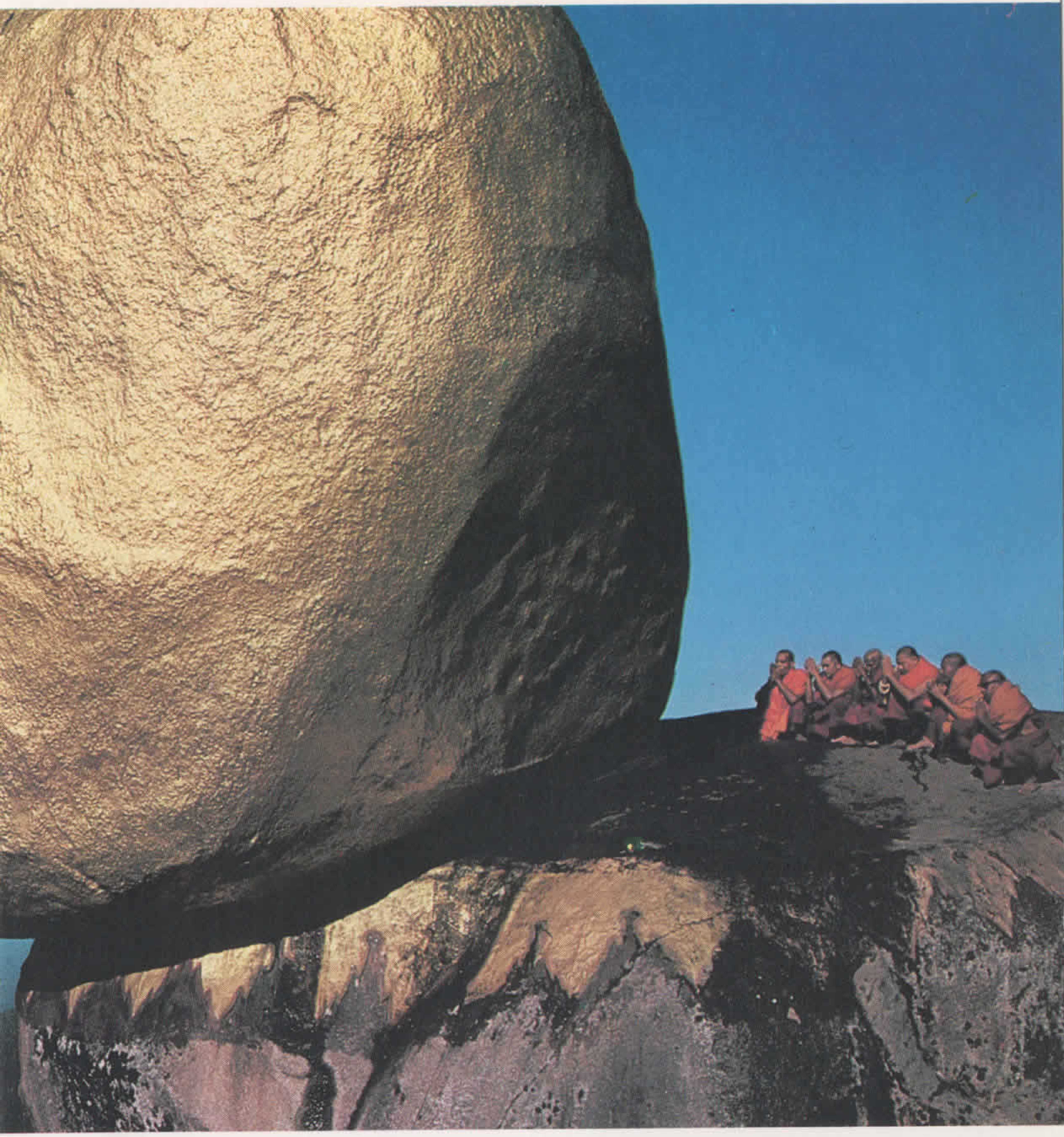
Em movimento incessante

Assim, há 125 milhões de anos, a América do Sul e a África estavam ligadas. A América do Norte e a Europa separaram-se mais recentemente, há 80 milhões de anos. Portanto, o oceano Atlântico não existia ainda quando os dinossauros começaram a povoar o planeta, há 225 milhões de anos, mas começou a formar-se quando eles desapareceram, há cerca de 65 milhões de anos.



De igual modo, o aspecto da Terra será completamente diferente do que é agora se a imaginarmos num futuro de algumas dezenas de milhões de anos.

Assim, daqui a 20 milhões de anos, um novo oceano estará a abrir-se ao nível do mar Verme-



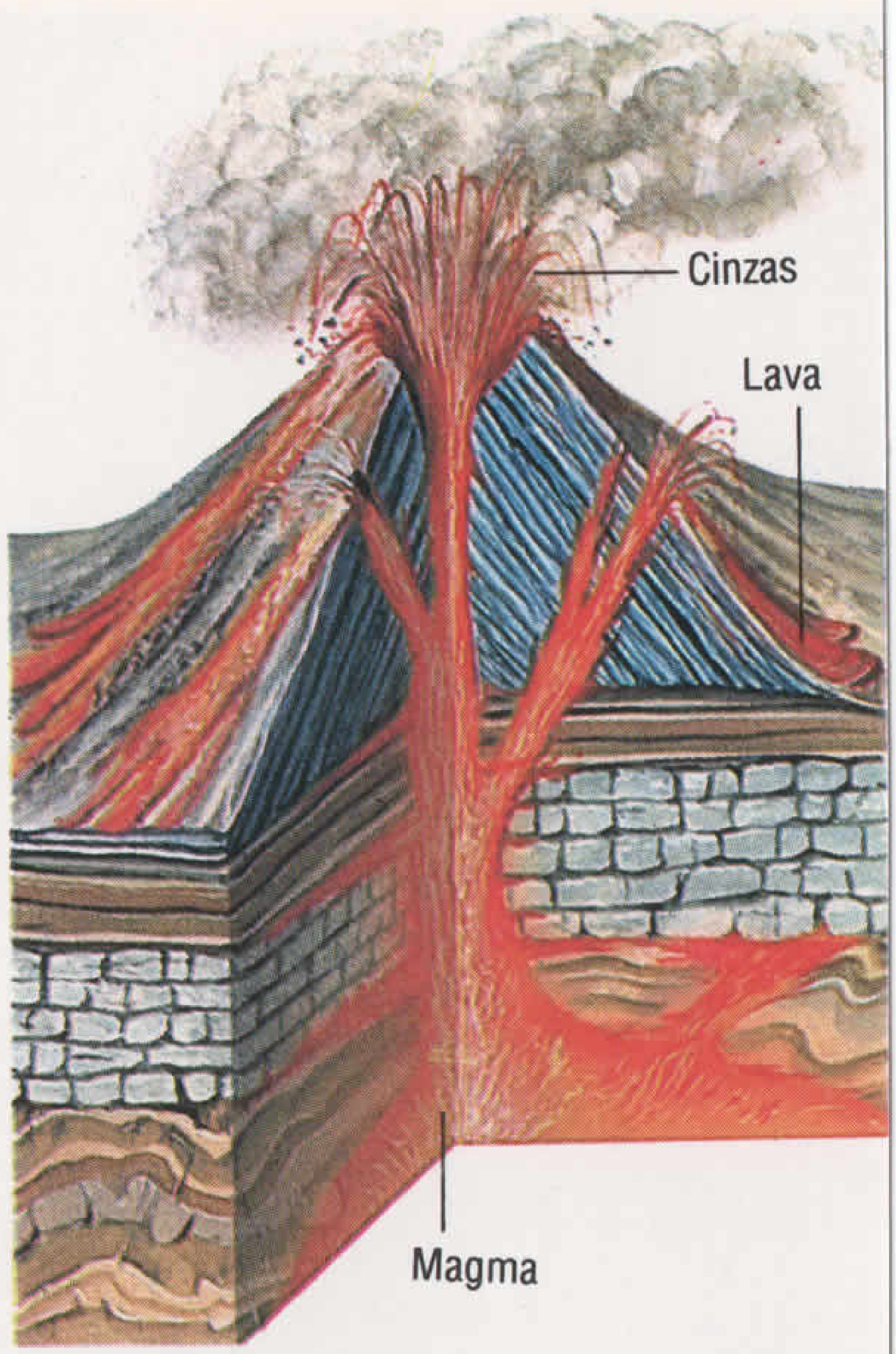
lho, prolongando-se através dos grandes lagos do Leste africano.

Em contrapartida, o Mediterrâneo estará a fechar-se, na parte ocidental, entre a França e a Argélia. A Califórnia separar-se-á da América do Norte: daqui a

***Na Birmânia,** este rochedo mantém-se misteriosamente em equilíbrio, há séculos. Por causa desta surpreendente propriedade, é venerado pelos habitantes, que o cobriram de ouro a fim de o transformarem num objecto de culto.*

50 milhões de anos, ela formará uma ilha do Pacífico.

Esta deriva dos continentes, apresentada em 1912 pelo alemão Wegener, só foi demonstrada uma quinzena de anos mais tarde.



__O magma__ que sai pela chaminé e pelos flancos dos vulcões é basalto, isto é, rocha fundida.

__Ao embater com a placa da América do Sul,__ e mergulhando por baixo dela, a placa do Pacífico provoca um enrugamento montanhoso: é a cordilheira dos Andes.



Sismos e vulcões, consequências da deriva dos continentes

Se os continentes que se chocam dão origem a montanhas, aqueles que deslizam por baixo de outro provocam tremores de terra (sismos), e os que se afastam levam à aparição de vulcões. Não é, aliás, por acaso que os

locais onde se produzem os sismos e as erupções vulcânicas se situam na orla das grandes placas continentais. Praticamente, 80 por cento destes fenómenos ocorrem no contorno do Pacífico, formando a célebre «cintura de fogo».

Os dois tremores de terra mais mortíferos da história produziram-se na China, em 1580 e em 1976. Em conjunto, provocaram 1 500 000 mortos. As outras regiões do mundo mais ameaçadas são o Japão, a Indonésia, as Filipinas, o Irão, a Turquia, a Jugoslávia, a Itália, a África do Norte, a América Central e o Chile.

Existem à superfície da Terra cerca de 500 vulcões activos, que provocaram mais de 2500 erupções desde a Antiguidade. Alguns vulcões são autênticas montanhas, como o Aconcágua (7000 m) nos Andes, ou o Erebo (3800 m) na Antárctica. As duas

***Erupção** do vulcão da ilha de Haimaey (Islândia), em 1973.*



maiores erupções, que foram também as mais mortíferas, foram as do Santorin, na ilha de Tera, no mar Egeu, cerca de 1460 a.C., e a do Cracatoa, nas ilhas de Sunda, em 1883.

Ao atravessarem as gotas de chuva, *os raios do Sol, brancos ao entrarem, saem decompostos em sete cores e formam o arco-íris. Obtém-se o mesmo fenómeno com um prisma.*



Uma fina película de ar

A Terra está envolvida por um «manto» gasoso que constitui a atmosfera. Esta é essencialmente composta por dois gases: o azoto (78 por cento) e o oxigénio (21 por cento). O restante 1 por cento é constituído por diversos gases que estão presentes em proporções ínfimas.

A pressão desta atmosfera, isto é, o peso do ar que se encontra por cima de nós, diminui rapidamente à medida que se sobe, a ponto de, apenas a 5500 metros de altitude, termos abaixo de nós metade do ar presente na atmosfera.

A baixa atmosfera chama-se troposfera e estende-se em média até 12 quilómetros de altitude (um pouco menos por cima dos pólos e um pouco mais por cima do equador): é nesta zona que se desenrola a quase totalidade dos fenómenos meteorológicos. Por cima estende-se a estratosfera (até 50 km) que é o local de evolução dos balões-sondas, depois a mesosfera (até 80 km), a termosfera (até 600 km), e finalmente a exosfera, onde circula a maior parte dos satélites artificiais.

A atmosfera terrestre não tem limite bem definido. Pode apenas

dizer-se que esta fronteira leve, cuja distância varia segundo a actividade do Sol, se situa entre 3000 e 3500 quilómetros de altitude.

Fenómenos atmosféricos surpreendentes

A atmosfera é palco de um grande número de fenómenos luminosos espectaculares. Um dos mais conhecidos é, evidentemente, o arco-íris.

Ele produz-se quando chove numa parte do céu situada em frente de um observador se, nesse momento, este tem o Sol pelas costas. Ao passarem pelas gotas de água, os raios luminosos são decompostos, como num prisma, numa sucessão de cores que vão do azul ao vermelho, passando pelo verde, o amarelo e o laranja. E todas estas cores são reenviadas, na direcção do observador,



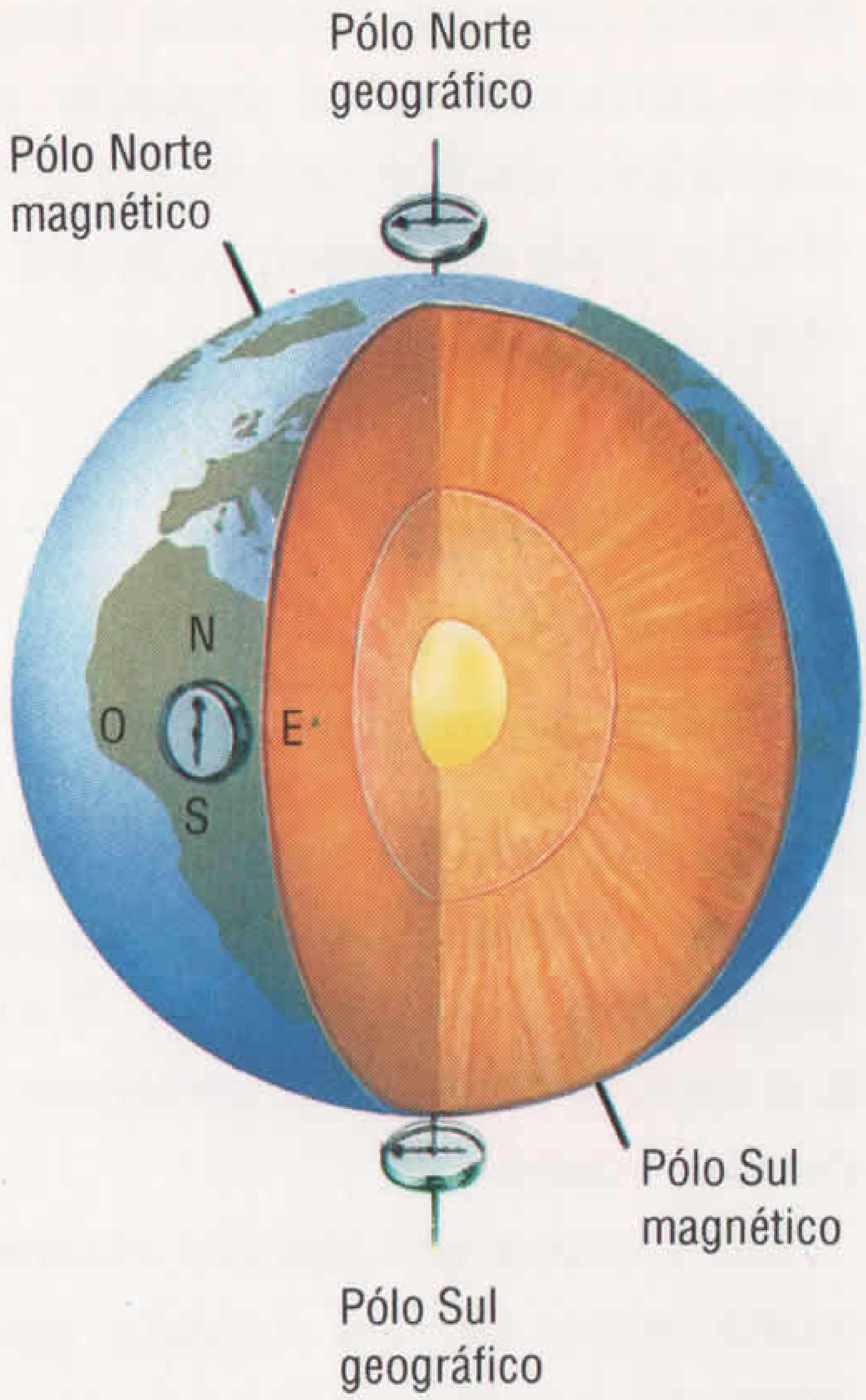
O ar rarefaz-se muito rapidamente com a altitude: *respira-se com dificuldade acima dos 5 quilómetros. À altitude a que voa o* Concorde *(17 km), existe tão pouco ar que o céu é quase negro em pleno dia. E acima dos 120 quilómetros os satélites circulam praticamente no vazio.*

dispostas em semicírculo, em arco...

Quando o Sol ou a Lua se encontram perto do horizonte, os seus raios têm de atravessar uma espessa camada de atmosfera cerca de 30 vezes mais importante do que quando se encontram no zénite, isto é, no céu e por cima da nossa cabeça. Devido a este facto, são desviados («refractados», dizem os físicos). A consequência disto é dar uma imagem achatada dos dois astros.

Também se tem frequentemente a impressão de que a Lua e o Sol são maiores quando estão perto do horizonte. Trata-se de uma ilusão, resultante do facto de não dispormos no céu de qualquer elemento de comparação, enquanto, perto do horizonte, objectos familiares (árvores, casas, montes, etc.) levam-nos a dar à Lua e ao Sol proporções relativas mais importantes.

Pode também perguntar-se por que razão o céu é azul. Isto provém do facto de as moléculas de ar difundirem sobretudo os raios de curto comprimento de onda (violeta e azul), detendo a maior parte dos outros. Inversamente, quando é espessa a camada de ar a atravessar (perto do horizonte) ou está carregada de poeiras, são as radiações de maior comprimento de onda as favorecidas (vermelho, laranja), o que dá a cor avermelhada ao Sol poente.



***O eixo de rotação terrestre** é uma espécie de haste que trespassasse o planeta. Os pólos geográficos situam-se nos pontos onde este eixo sai do globo. Os pólos magnéticos estão deslocados cerca de 10°.*

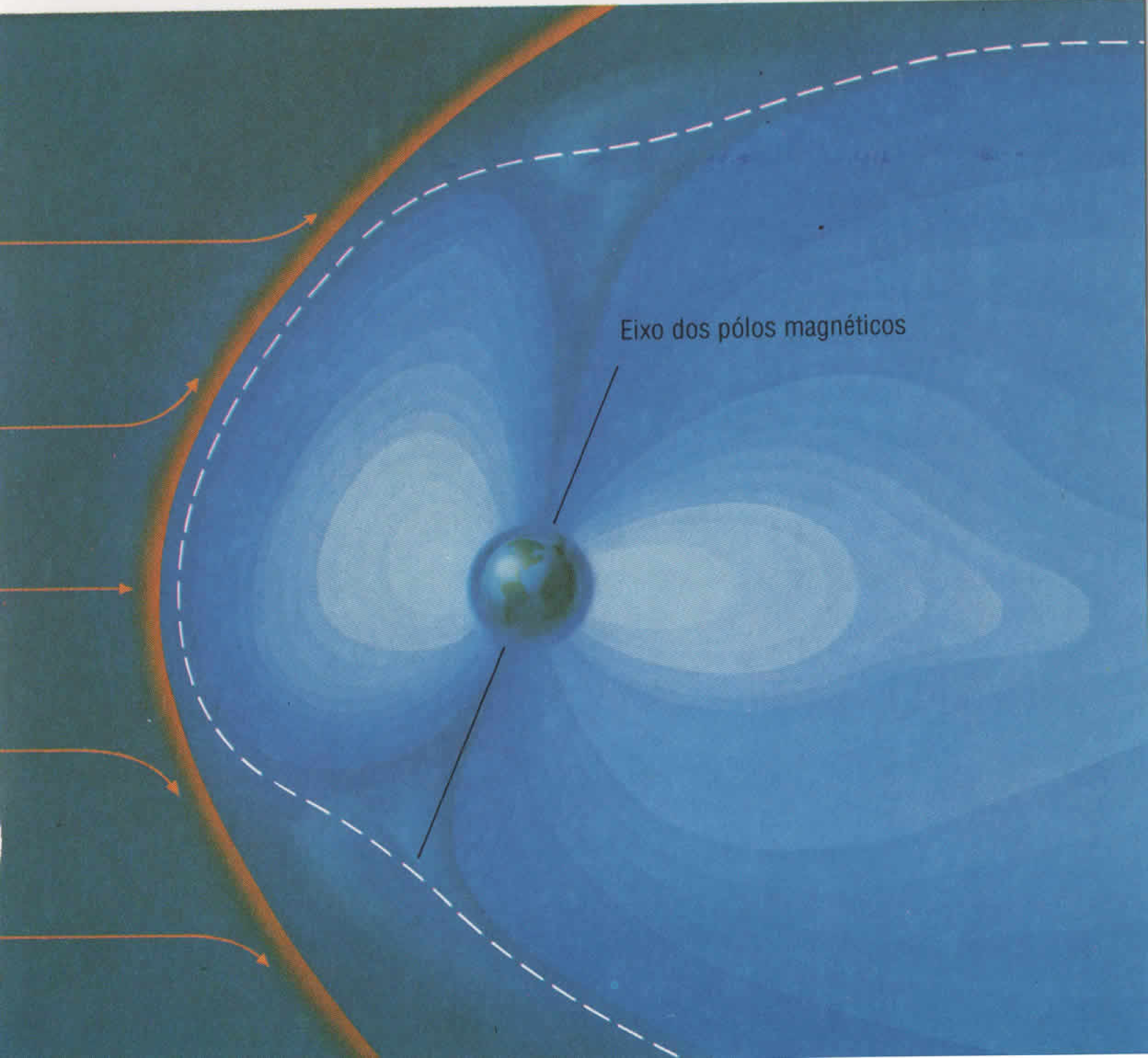
A vizinhança magnética da Terra

O nosso planeta possui um campo magnético, com um pólo Norte e um pólo Sul. Tudo se passa como se existisse uma gigantesca barra magnetizada no

interior do globo terrestre. É esta «barra» que atrai a agulha da bússola sempre na mesma direcção e nos permite saber onde se encontra o Norte.

Os pontos onde a barra imaginária «fura» a superfície do Globo constituem os pólos magnéticos da Terra. No entanto, estes não coincidem exactamente com os pólos geográficos, os que figuram nos mapas, estando afastados alguns milhares de quilómetros. O pólo Norte magnético situa-se no Grande Norte canadiano, o pólo Sul perto da Terra Adélia, na Antárctica. Recordemos que os pólos geográficos correspondem às duas extremidades do eixo de rotação da Terra.

A magnetosfera protege a Terra *das partículas electrizadas vindas do Sol. Este invólucro protector invisível é formado pelas linhas do campo magnético terrestre.*



O sistema solar

Não nos damos suficientemente conta de que até que ponto o sistema solar é, antes de tudo... o próprio Sol. Tudo o que compõe este sistema, os planetas, os seus satélites naturais – «luas» comparáveis à nossa, a que vemos no nosso céu nocturno –, outros corpos de que falaremos, tudo isto forma, de facto, apenas um vasto anel de «desperdícios» disseminados à volta do Sol num disco cujo diâmetro atinge cerca de 10 mil milhões de quilómetros. Por si só, o Sol representa 99,86 por cento de toda a matéria do sistema de que ele é o centro. Em comparação, o que o rodeia, incluída a nossa bela Terra, não passa de poeira...

Mas donde vem este sistema, como se formou?

Os astrónomos são unânimes em pensar que o nosso Sol nasceu da contracção de uma gigantesca nuvem de gás e de poeiras, há cerca de 4600 milhões de anos.

Quanto mais esta matéria se contraía, mais a pressão aumentava no centro da nuvem. Daqui resultou um enorme desenvolvimento de calor: até 12 milhões de graus. Ora, a esta temperatura, certos átomos juntam-se uns aos outros para formarem apenas um: eles «fundem-se». O hidrogénio transformou-se assim em hélio,



Mercúrio Vénus Terra e Lua Marte

provocando esta transformação uma enorme quantidade de energia.

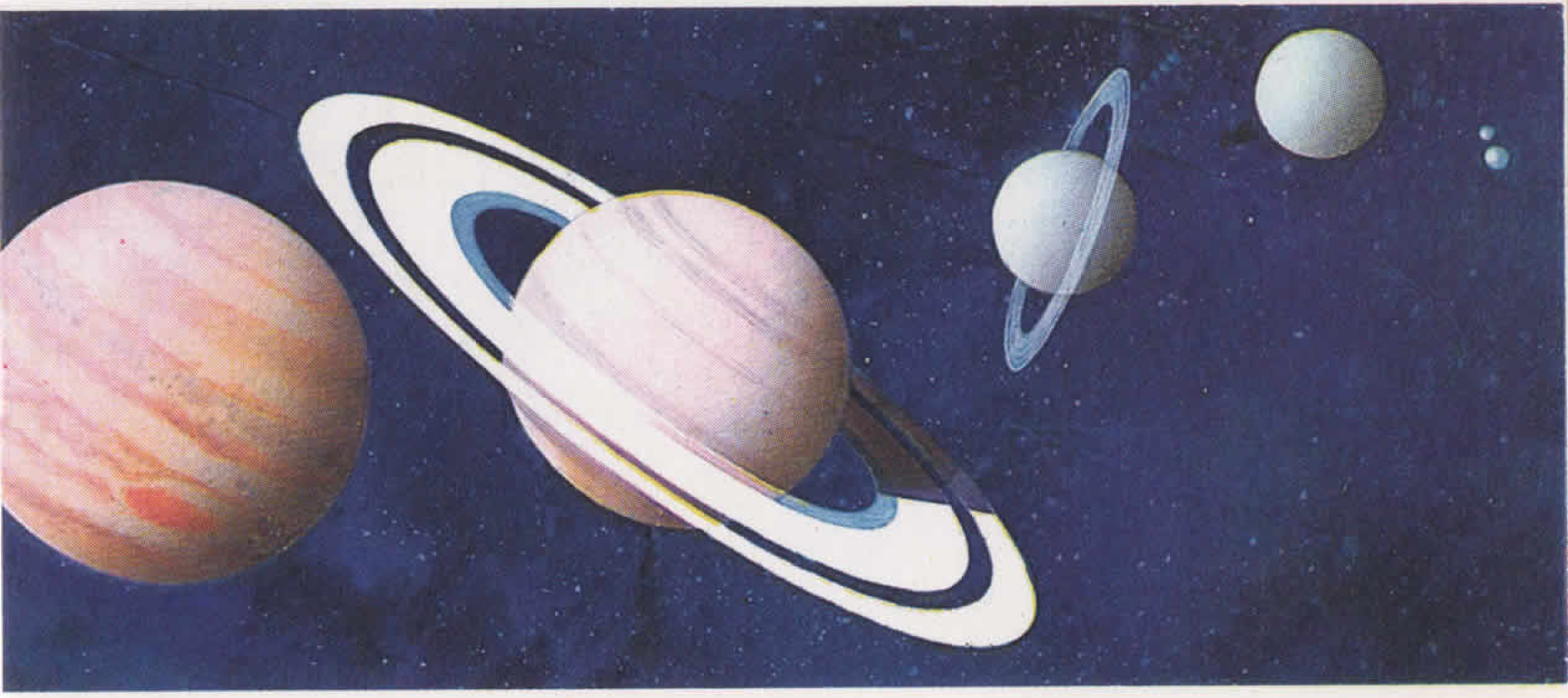
E é assim que uma estrela começa a brilhar: o Sol tinha nascido.

Depois, corpos distintos

A esfera de matéria que o envolvia na origem, e que estava em rotação, achatou-se sob o efeito da força centrífuga e tomou a configuração de um disco. No centro deste formaram-se aglomerados que, chocando uns contra os outros, foram aumentando devido a um efeito de bola de neve. Ao tornarem-se suficientemente volumosos, tomaram uma



***Arrastando-se umas às outras**, as poeiras que existiam depois da formação do Sol deram origem a corpos esféricos de tamanhos muito variados: os planetas.*

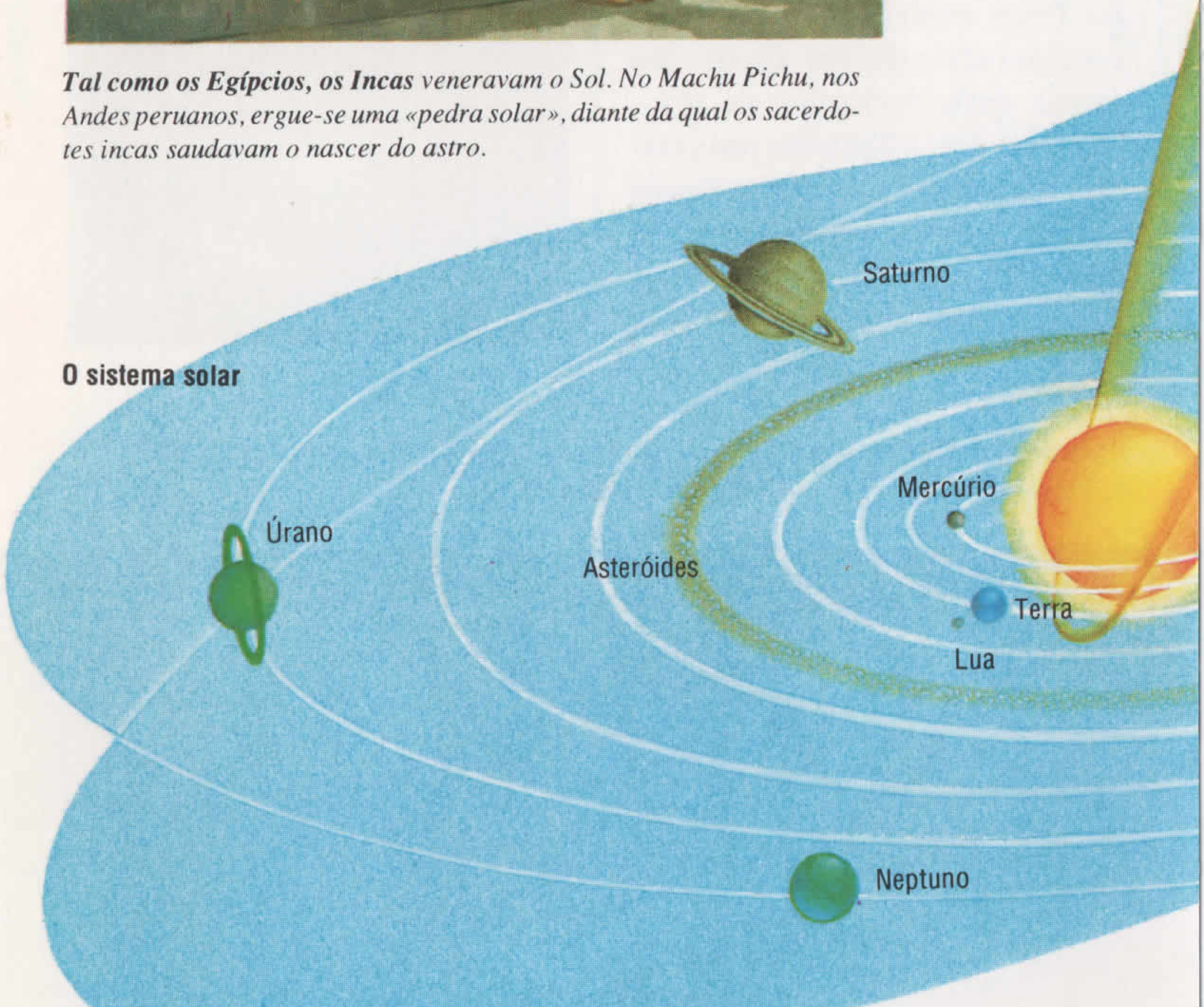


Júpiter Saturno Úrano Neptuno Plutão



Tal como os Egípcios, os Incas *veneravam o Sol. No Machu Pichu, nos Andes peruanos, ergue-se uma «pedra solar», diante da qual os sacerdotes incas saudavam o nascer do astro.*

O sistema solar

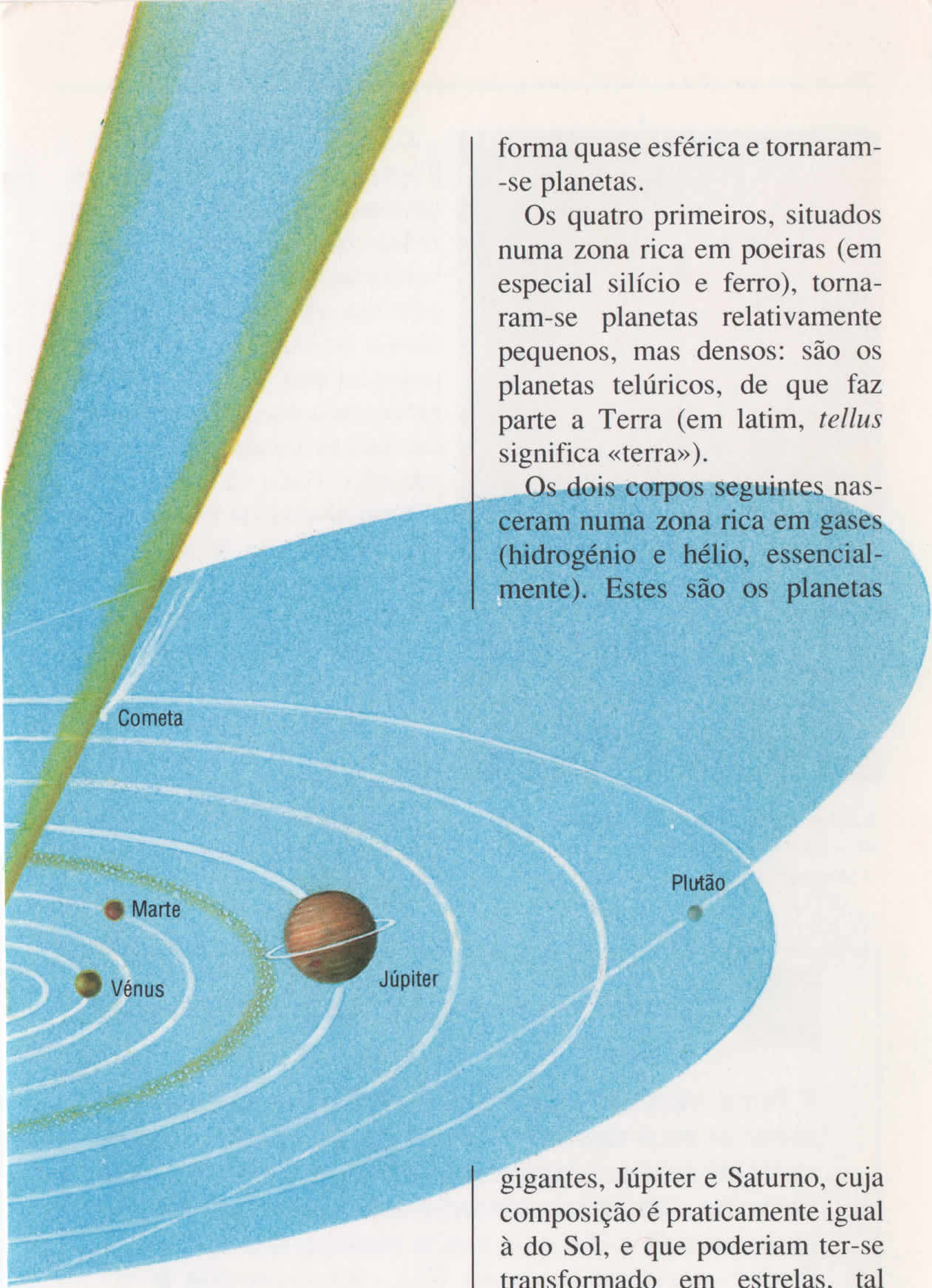


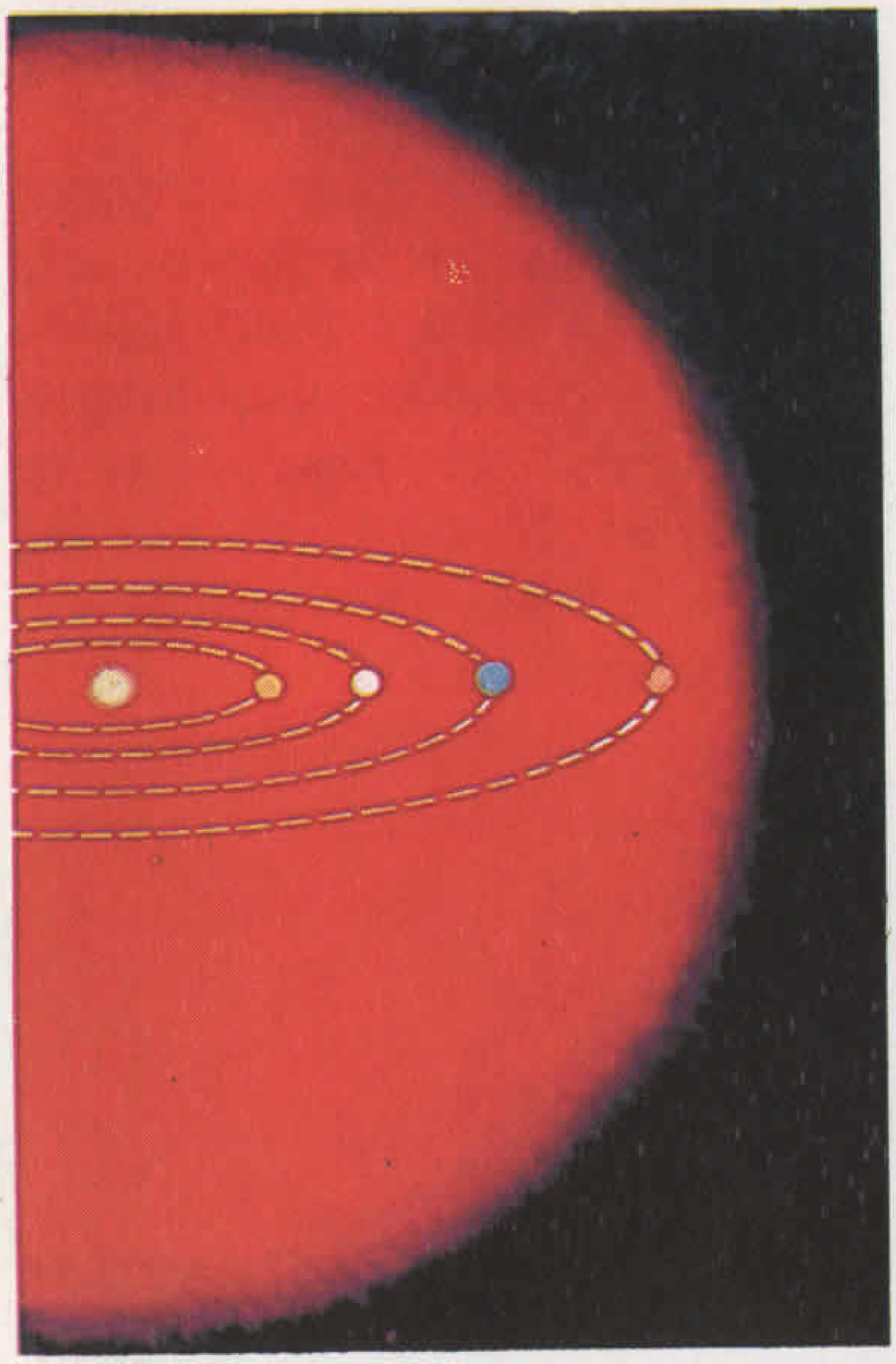
Num raio de 7 mil milhões de quilómetros *em volta do Sol evoluem 9 planetas, umas cinquenta luas, mais de 3000 asteróides, meteoritos e cometas.*

forma quase esférica e tornaram-se planetas.

Os quatro primeiros, situados numa zona rica em poeiras (em especial silício e ferro), tornaram-se planetas relativamente pequenos, mas densos: são os planetas telúricos, de que faz parte a Terra (em latim, *tellus* significa «terra»).

Os dois corpos seguintes nasceram numa zona rica em gases (hidrogénio e hélio, essencialmente). Estes são os planetas gigantes, Júpiter e Saturno, cuja composição é praticamente igual à do Sol, e que poderiam ter-se transformado em estrelas, tal como ele, se se tivessem tornado um pouco mais compactos. No entanto, mantiveram-se no estádio de planetas gigantes.





__A estrela gigante Betelgeuse__ poderia englobar o sistema solar até Marte.

Os dois seguintes, Úrano e Neptuno, são planetas mais pequenos, embora gigantes comparados com os telúricos. São essencialmente constituídos por gelo em consequência da abundância de oxigénio e hidrogénio (constituintes da água) nas regiões afastadas do sistema solar e das baixas temperaturas que ali reinam (–180 a –220°C).

Vem finalmente Plutão, o mais pequeno planeta do sistema solar. Pouco se sabe a seu respeito, apenas que está coberto de metano gelado. O metano é um gás composto de carbono e hidrogénio, que se encontra, por exemplo, no lodo dos pântanos: é ele que dá origem às bolhas quando ali se crava uma vara no fundo. Também é temido pelos minei-

Estrelas e planetas: que diferença?

A Terra, Vénus, Saturno e os outros planetas, assim como os seus satélites (como a Lua), são corpos relativamente frios que quase não emitem qualquer energia luminosa. São astros aparentemente «mortos». Em contrapartida, o Sol e as outras estrelas são astros «vivos» em plena evolução. São, como veremos, a sede de violentas reacções nucleares, o que explica particularmente a intensidade do seu brilho.



Análise do solo lunar, *em profundidade, feita pelo radar de uma nave* Apollo.

ros, que o designam por outro nome: grisu.

Um gigantesco campo de batalha

É hoje em dia quase certo que a formação do sistema solar foi relativamente rápida e terminou cerca de 60 milhões de anos depois do nascimento do Sol. Em comparação com a sua idade actual, isto representa o equivalente aos 5 primeiros meses de uma vida humana.

Da «partida de bilhar» cósmica de que nasceram os planetas, ficaram detritos mais pequenos, que continuaram a girar em torno do Sol. Ao sabor das suas órbitas,

bombardearam a superfície de diferentes planetas constituídos e seus satélites. Todos conservam disto cicatrizes, sobretudo aqueles que não possuem atmosfera.

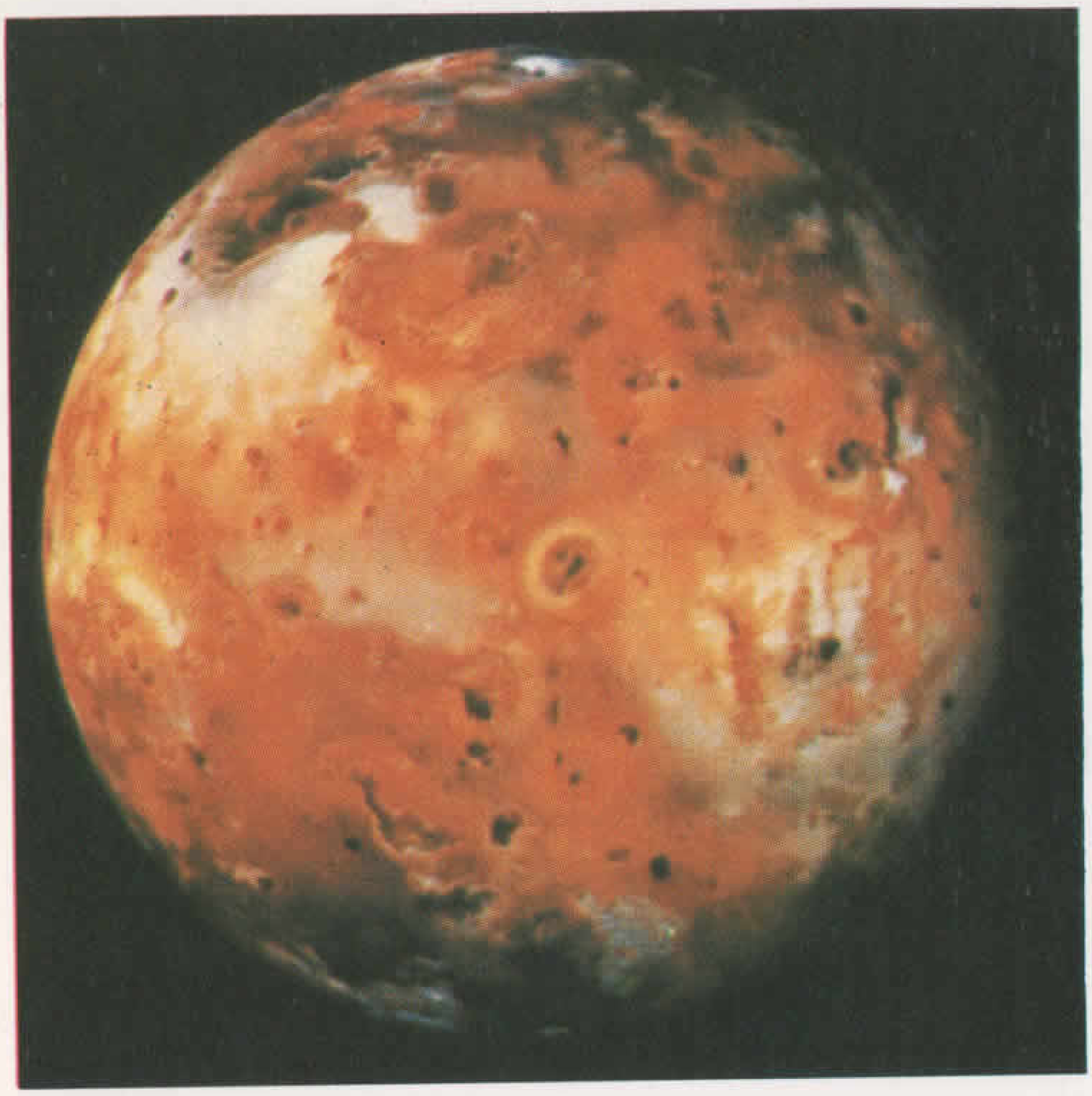
Os planetas Mercúrio e Marte, em particular, estão crivados de crateras, sucedendo praticamente o mesmo em todos os satélites naturais de Marte, Júpiter e Saturno.

A nossa própria Lua não foge à regra, como confirma um simples exame por telescópio da sua superfície.

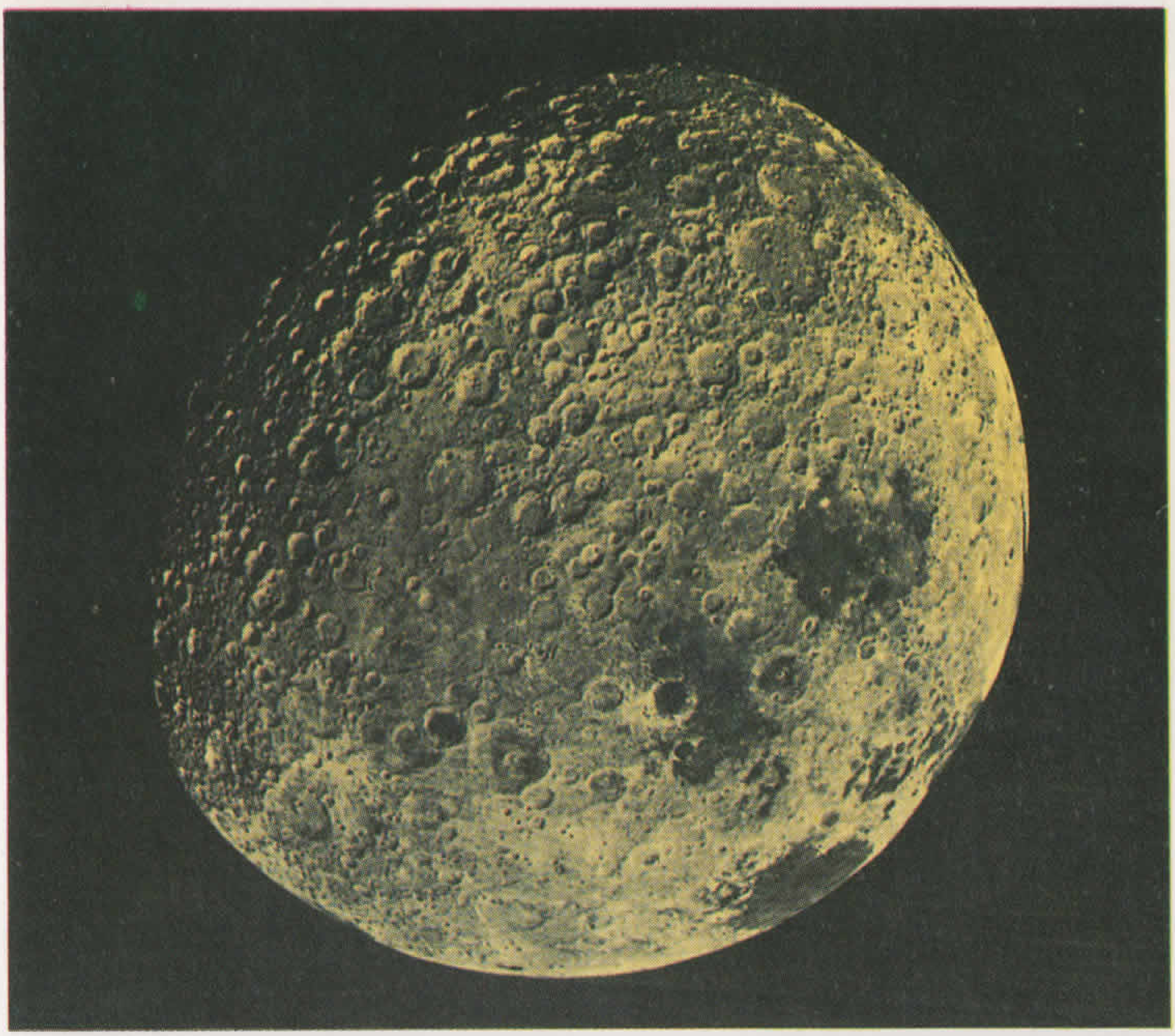
As análises efectuadas por ocasião das missões *Apollo* demonstraram que este bombardeamento cósmico também foi relativamente breve, pois prolongou-se «apenas» por 600 a 700 milhões de anos.

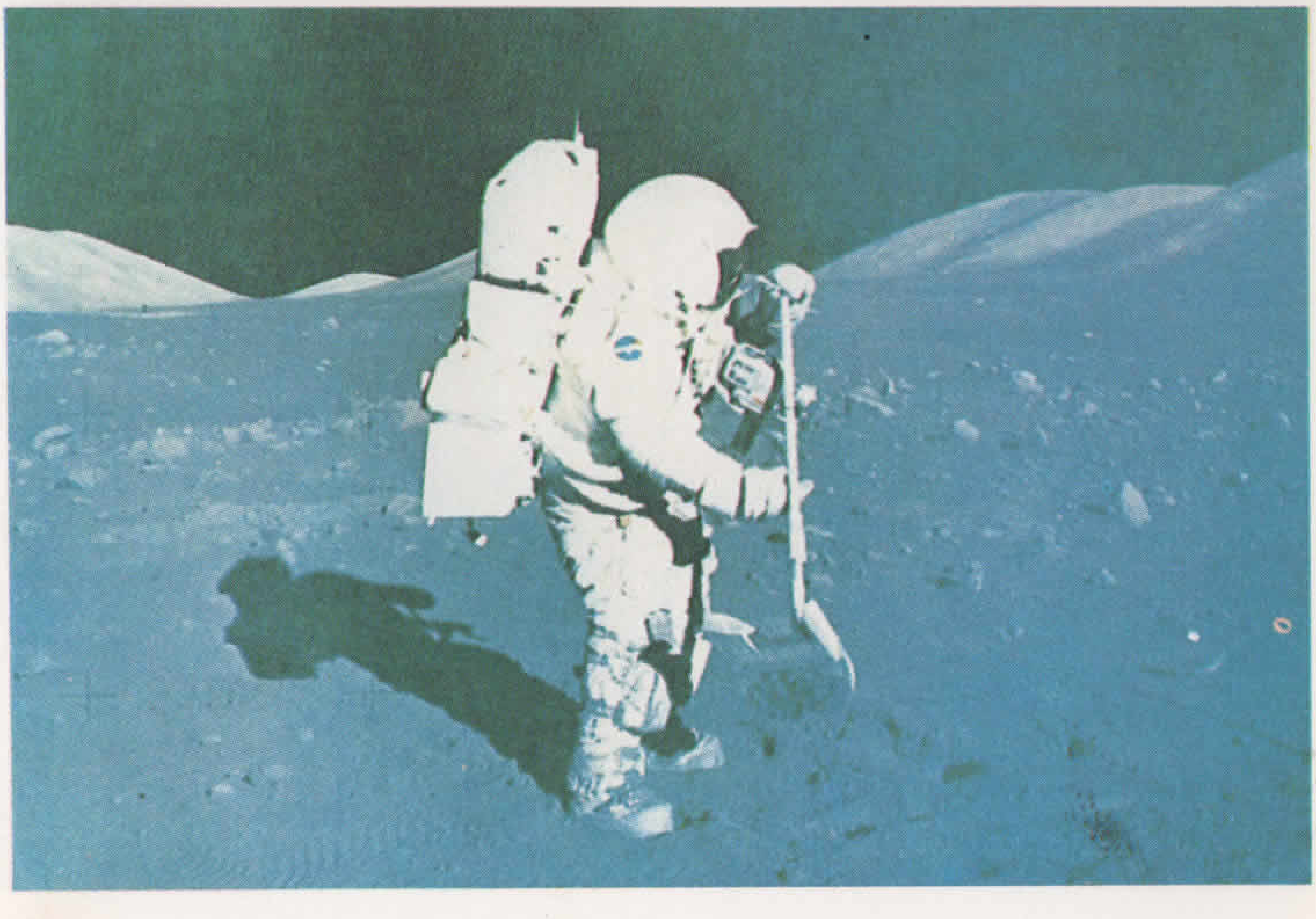
Por conseguinte, reina a calma no sistema solar desde há cerca de 4 mil milhões de anos. É certo que ocorrem ainda impactes de grandes meteoritos, de tempos a tempos, mas com um ritmo e uma intensidade consideravelmente mais fracos.

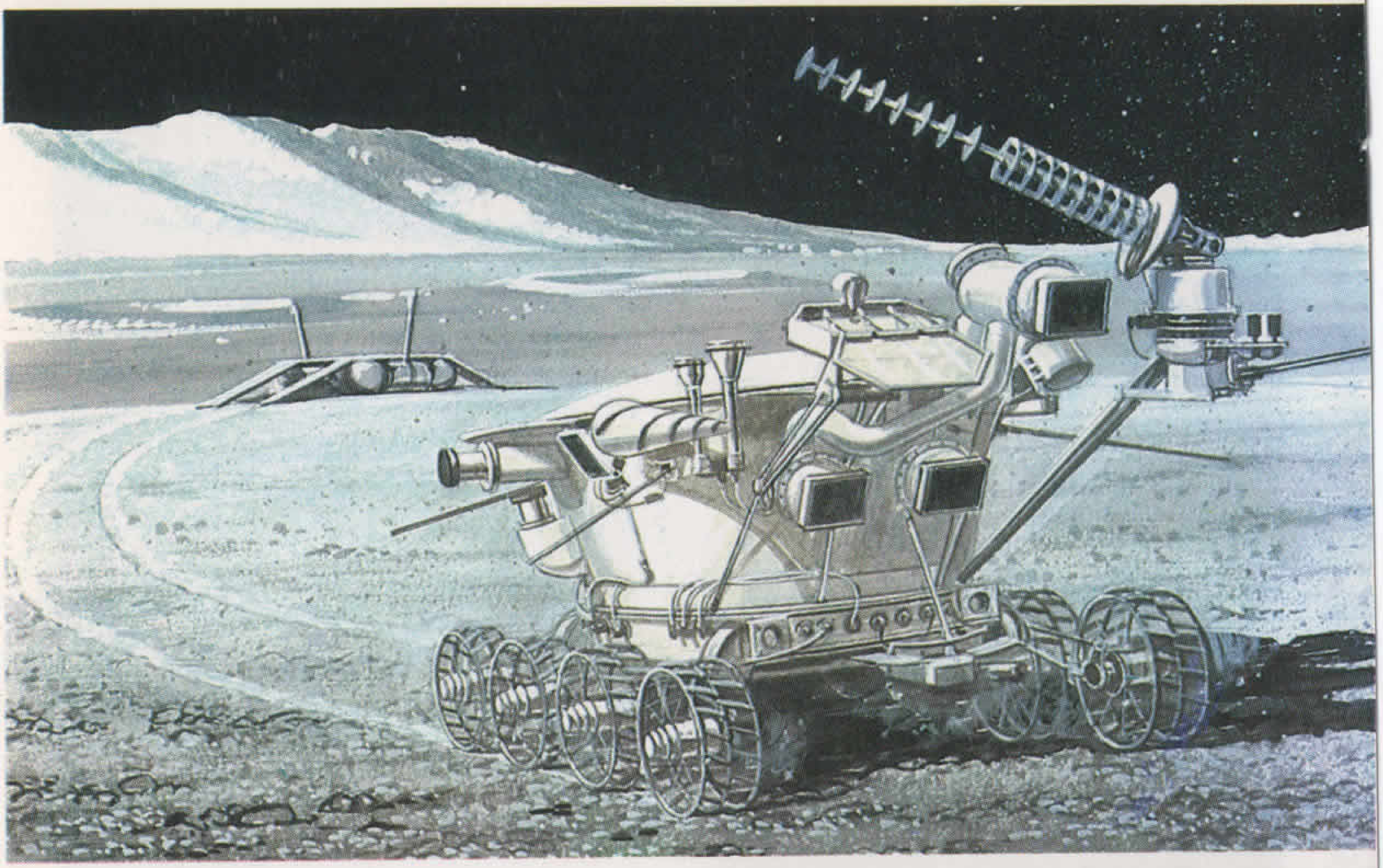
No decurso do programa *Apollo*, de 1969 a 1972, doze homens caminharam na Lua. Descobriram um astro morto, desértico. Estendem-se, a perder de vista, planícies de lava cobertas de uma fina camada de poeira e juncadas de pedras de todos os tamanhos. Por cima da Lua reina um vazio quase absoluto. Não



Io, um dos satélites de Júpiter *(à esquerda) é quase do tamanho da nossa Lua, de que se vê aqui (em cima, à direita) um parte da face oculta. Doze homens já caminharam na Lua, enquanto Io foi apenas sobrevoada por sondas espaciais automáticas.*



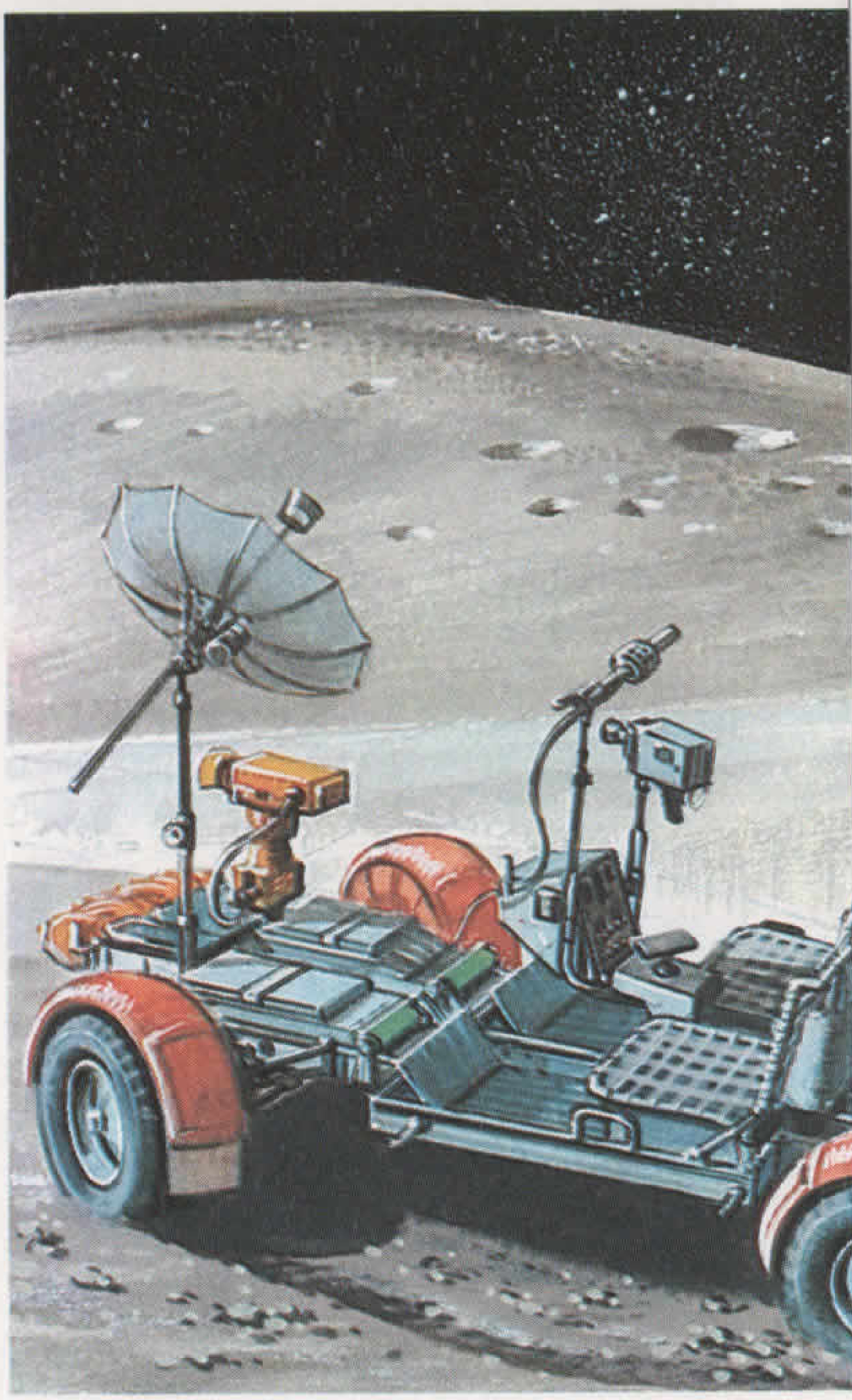




existe ali ar, razão por que o céu é negro mesmo em pleno dia. Os aparelhos científicos deixados à superfície pelos astronautas revelaram especialmente que existem tremores de lua. Estes sismos são, porém, de muito fraca intensidade: os mais violentos mal seriam notados pelo homem.

A Lua é portanto um astro inexplorável sob o plano económico. Não tem minerais nem pedras preciosas à superfície. Aliás, nem está previsto voltar à Lua num futuro próximo. Mas serão certamente ali instaladas bases científicas permanentes, nos princípios do século XXI, como se fez na Antárctica.

De qualquer modo, o homem não viajará tão cedo até outros



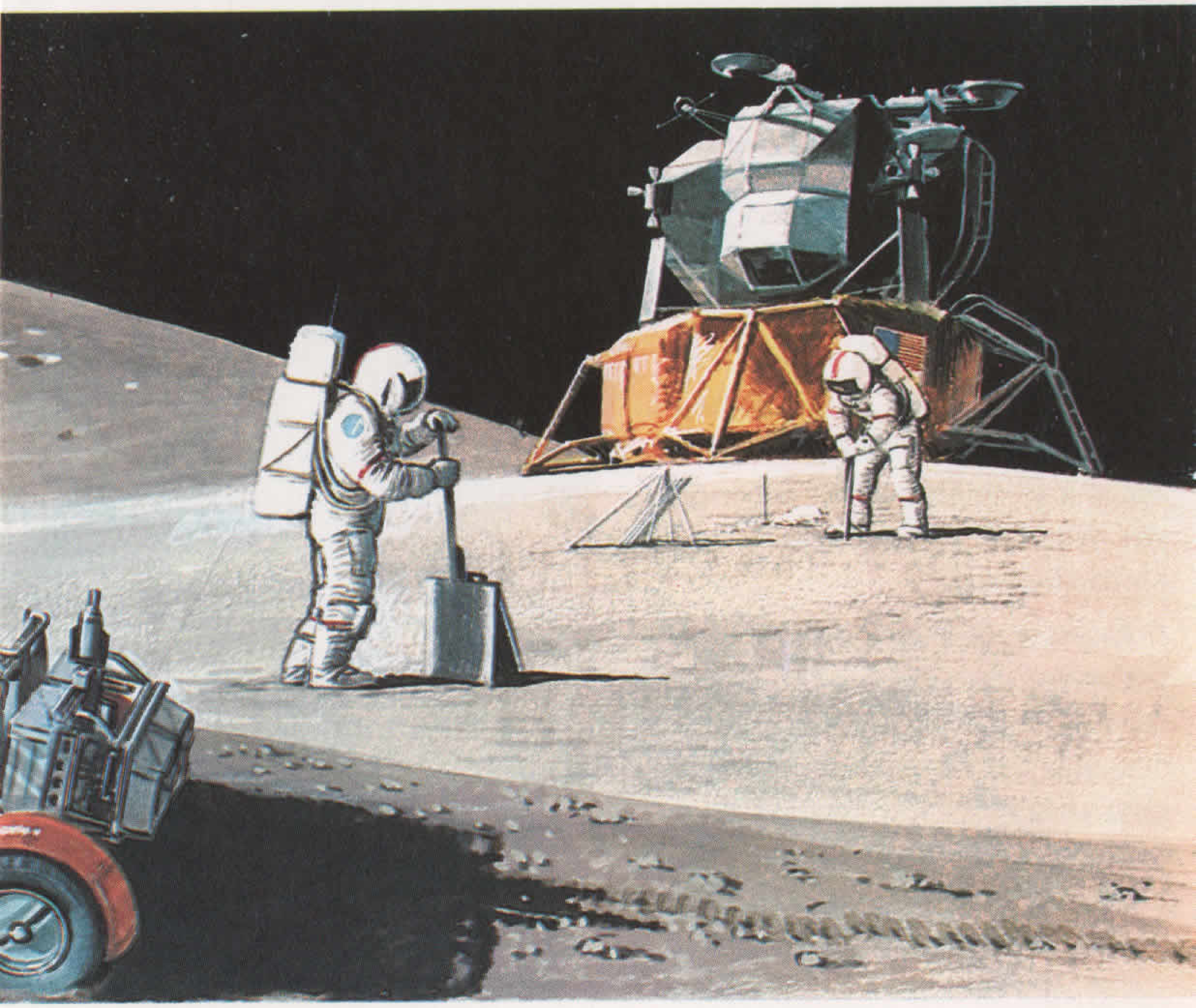
mundos, porque, enquanto a duração de uma missão lunar é de cerca de uma semana, uma ida e volta a outros planetas, mesmo próximos, cifrar-se-ia em anos. Ora, os homens nunca permaneceram no espaço mais do que 7 meses. Quanto a viagens até às estrelas, elas exigiriam, com os foguetes actuais, alguns milhares de séculos!

Durante ainda muito tempo, as informações que procurarmos sobre os astros chegar-nos-ão quer por meio de sondas automáticas, quer de telescópios espaciais.

Um «irmão»... muito diferente: Vénus

A Terra domina o grupo dos quatro planetas telúricos sob o aspecto do tamanho, mas é perse-

A exploração da Lua *foi realizada por veículos automáticos (*Lunokhod *soviético) e por astronautas deslocando-se num jipe especial (programa* Apollo *americano).*



guida de perto por Vénus, pouco menos volumoso, a ponto de os astrónomos o considerarem, até há pouco tempo, como um planeta irmão. Na realidade, estes dois mundos são em tudo diferentes.

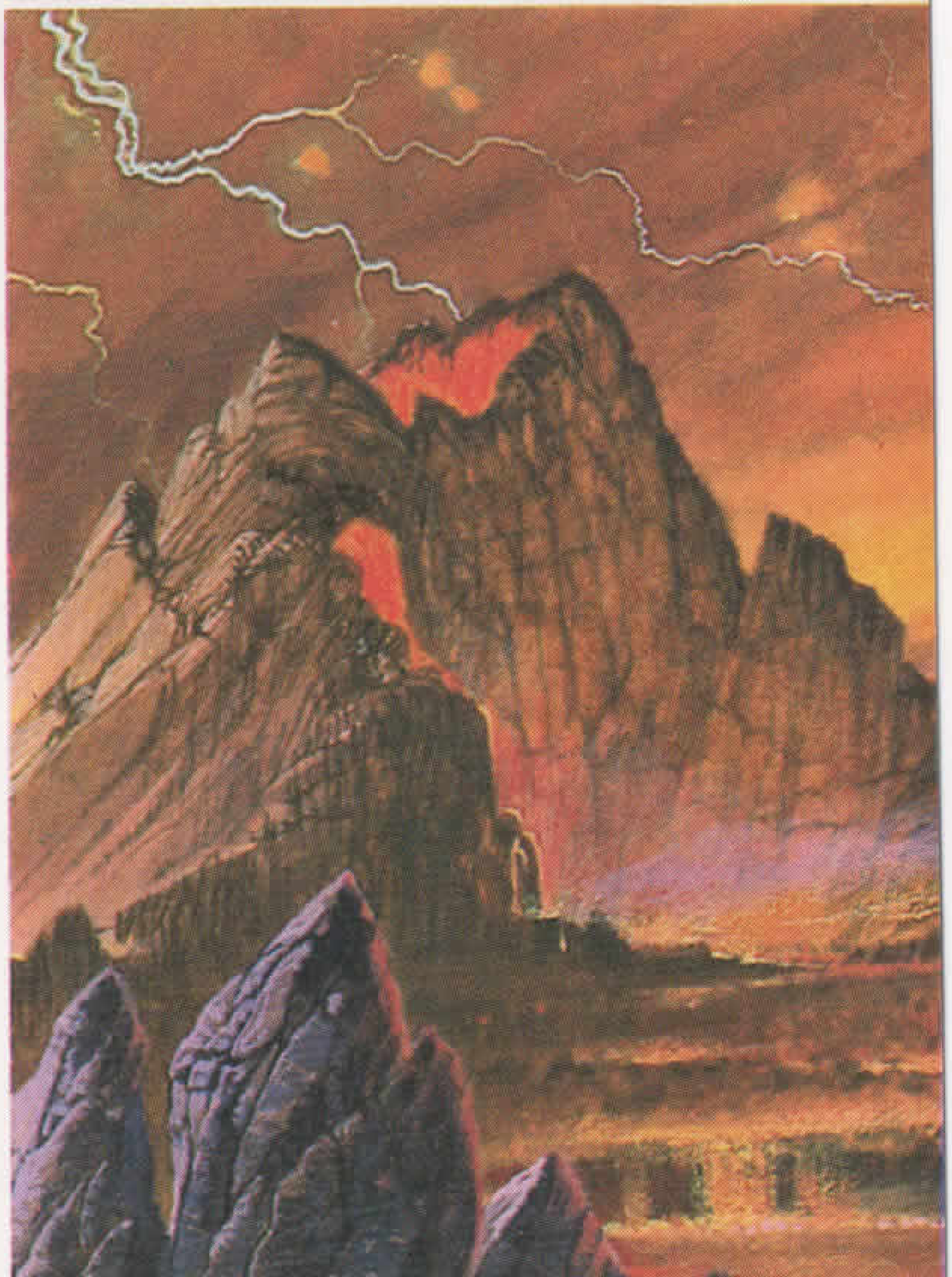
Vénus, mais próximo do Sol, recebe deste duas vezes mais energia. A água que devia possuir na sua origem evaporou-se e depois dissociou-se sob a acção da radiação solar. Desde então, a atmosfera de Vénus é constituída por 96 por cento de gás carbónico e 4 por cento de azoto.

Este gás carbónico tem a mesma propriedade que o vidro nas estufas: deixa passar a luz do Sol, mas bloqueia o calor reenviado pelo solo. A temperatura pode assim subir até +470°C. Metais como o chumbo e o estanho fundir-se-iam na superfície de Vénus! Além disso, a pressão no solo é esmagadora, pois ultrapassa 90 vezes a da atmosfera terrestre: é a pressão que se encontra nos oceanos a 1 quilómetro de profundidade...

As estranhas nuvens de Vénus encontram-se entre 42 e 59 quilómetros de altitude e são constituídas, não por vapor de água como as nuvens terestres, mas por gotículas de ácido sulfúrico! São tão numerosas e tão opacas que não permitem qualquer abertura.

Por isso nunca se pôde ver na Terra o solo de Vénus, tendo sido possível determinar o relevo do planeta apenas graças ao radar. As ondas do radar atravessam efectivamente as nuvens, permitindo, por assim dizer, «apalpar» a superfície a distância. Sabe-se assim que a superfície de Vénus é muito acidentada, com excepção de *Beta Regio,* uma zona onde se encontram particularmente dois vulcões que poderão estar ainda em actividade. Observam-se igualmente ali dois planaltos baptizados de *Ishtar terra* e de *Aphrodite terra.*

Notemos finalmente que perto de *Ishtar terra,* cerca de 60° de





latitude norte, se ergue o mais alto cume venusiano, o monte Maxwell, com a impressionante altitude de 10 800 metros.

Marte, o «planeta vermelho»

Se Vénus precede a Terra na ordem de distância ao Sol, Marte vem a seguir a ela. Mais afastado do Sol, recebe dele, por conseguinte, uma energia menor, o que

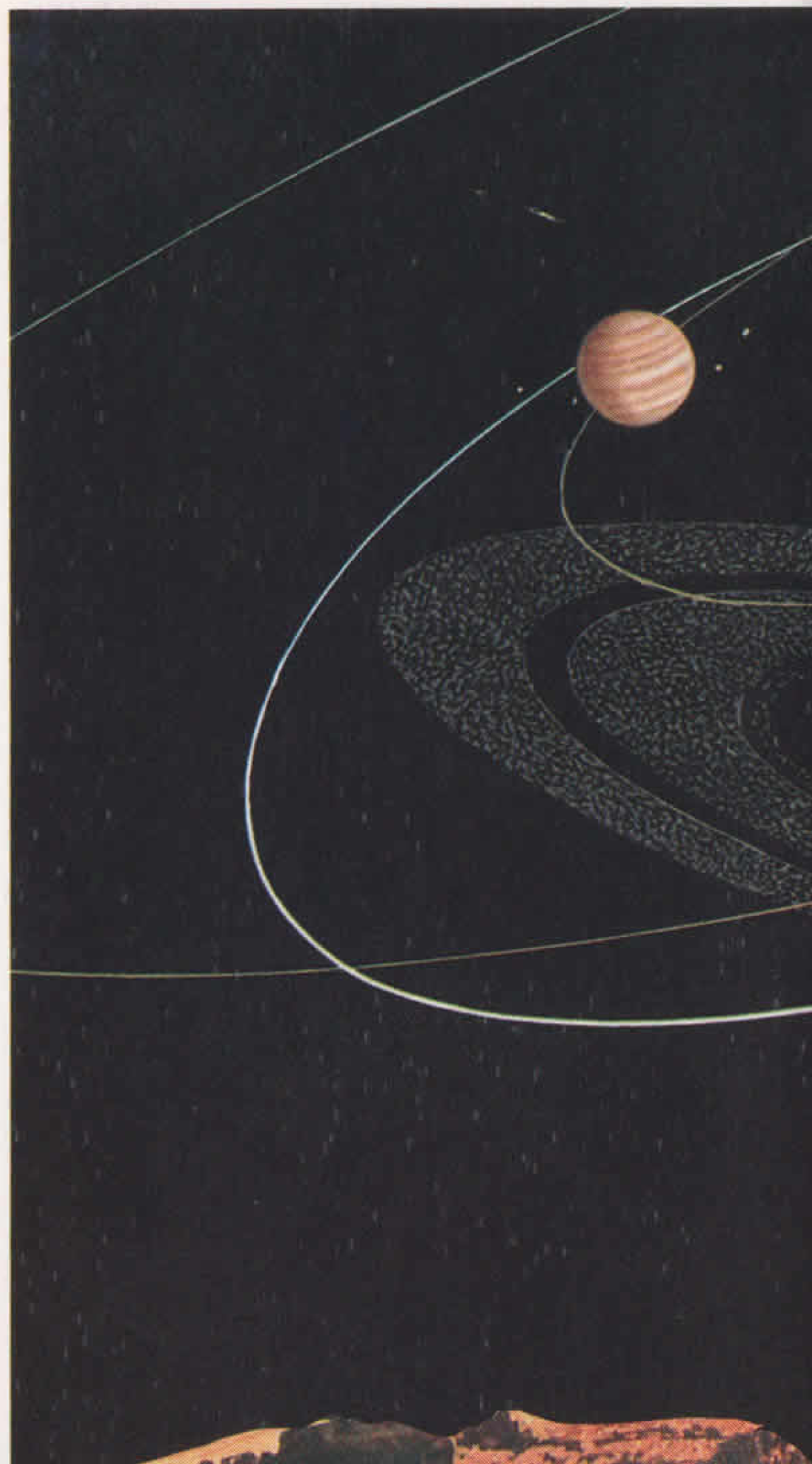
Para serem visíveis, as nuvens de Vénus *têm de ser fotografadas através de um filtro azul. Mas o solo deste planeta é, na realidade, amarelado.*



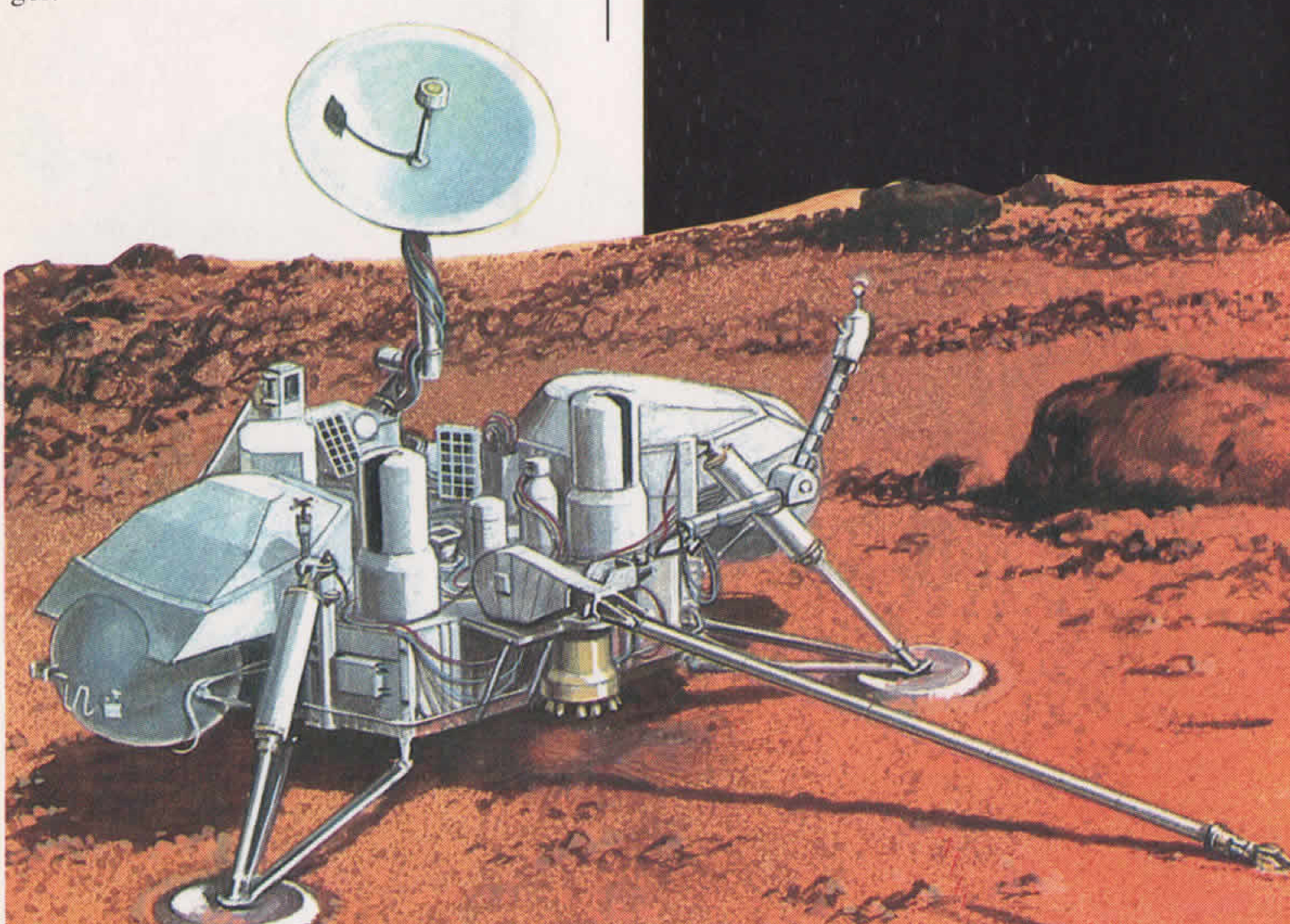
se traduz, ao contrário de Vénus, em temperaturas muito baixas.

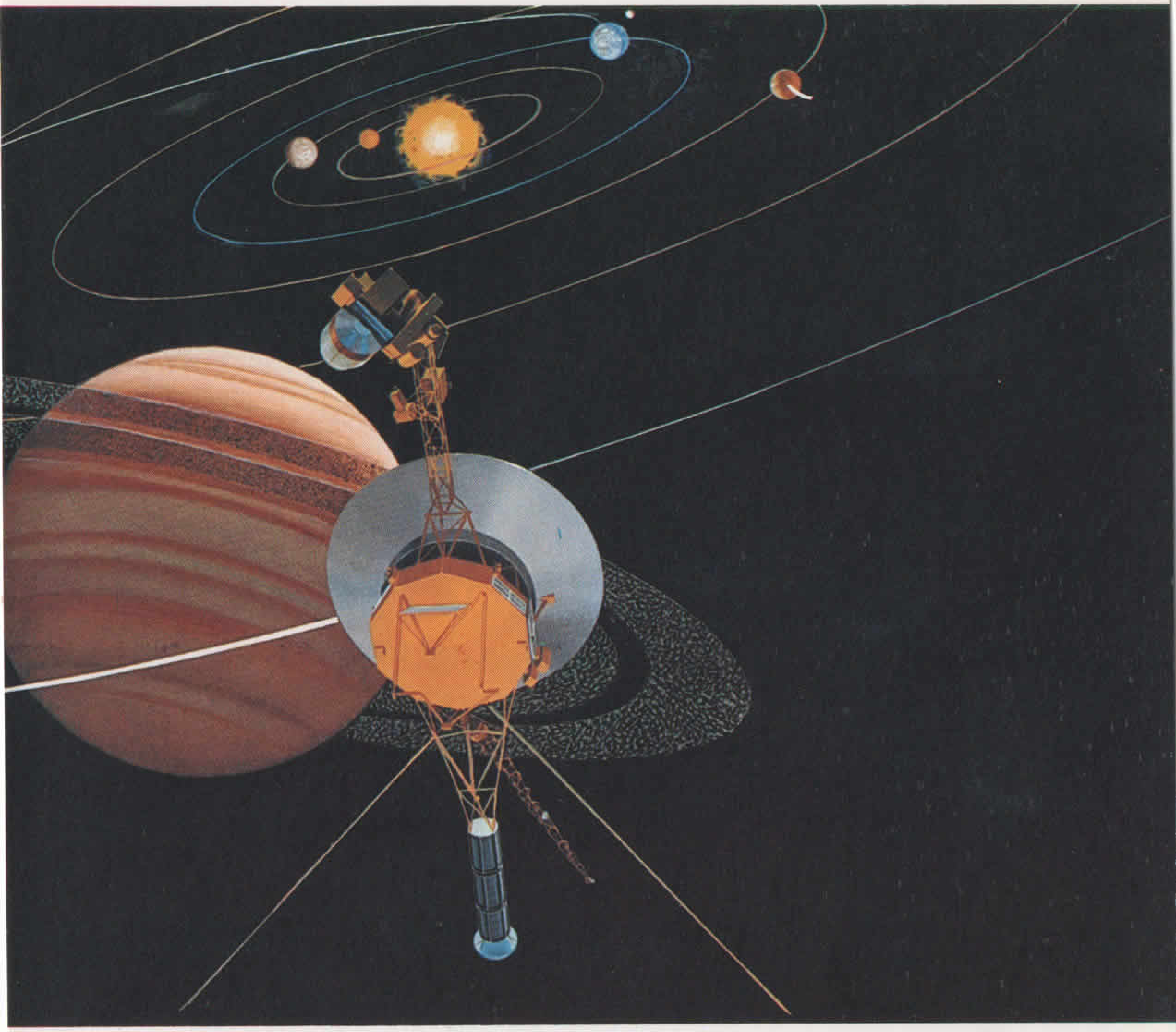
É raro encontrar-se mais de 0°C na superfície deste planeta, em que a média se situa por volta de –50°C. Nas regiões polares chegaram a medir-se até –130°C.

Também não há água em Marte, mas numerosas características do relevo, particularmente vales sinuosos, permitem pensar que houve algumas épocas de vida neste planeta. Decerto a água está



Duas grandes etapas da exploração planetárias: *a descida das sondas* Viking *em Marte (1976) e o sobrevoar dos planetas Júpiter e Saturno (1979 e 1981) pelas sondas* Voyager.





actualmente no subsolo das regiões polares, para formar aquilo que os geólogos designam por um *permafrost*.

As sondas que pousaram na superfície do planeta e que a filmaram durante alguns anos permitiram seguir a evolução das estações marcianas, as quais são duas vezes mais longas do que as estações terrestres (um ano marciano equivale, de facto, a 1 ano e 11 meses terrestres). No Inverno chegou mesmo a assistir-se a quedas de neve. Mas trata-se de neve carbónica, sendo o constituinte principal da atmosfera marciana (95 por cento) o gás carbónico. Deve também assinalar-se que a duração do dia em Marte varia poucos minutos em relação ao dia terrestre.

A superfície de Marte é totalmente desértica e está juncada de

pedras com formas tanto suaves (semelhantes às da pedra-pomes) como angulosas. Estas pedras jazem mais ou menos enterradas num tapete de areia avermelhada, que contém uma elevada proporção de óxido de ferro. Há locais em que os ventos formam pequenas dunas.

Igualmente surpreendentes são os enormes vulcões situados no hemisfério Norte, no planalto *Tharsis*. O maior de todos, o *Nix Olympica*, é um enorme cone de lava com 600 quilómetros de diâmetro na base e 26 000 metros de altura, ou seja, três vezes o Evereste, o mais alto cume terrestre. Está extinto desde há cerca de 1 milhão de anos.

A análise do solo marciano, efectuada pelas sondas automáticas que ali pousaram, não revelou qualquer vestígio de vida. Não há micróbios, nem animais, nem vegetais à superfície deste planeta desértico.

Tórrido e gelado: Mercúrio

O mais pequeno dos planetas telúricos é Mercúrio. É somente

E os «homenzinhos verdes»?

Em 1859, o astrónomo italiano Secchi julgou ver em Marte linhas rectas que baptizou de canali, *«canais». Outros observadores vieram a confirmar as suas afirmações. Por volta do fim do século, estavam recenseados nada menos do que 400 canais! Não podiam deixar de ser, pensava-se, senão obras de arte escavadas por seres inteligentes. E, em 1898, o inglês H. G. Wells imaginou em* A Guerra dos Mundos, *os marcianos invadindo a Terra... Sabe-se hoje, graças às sondas espaciais, que aqueles supostos canais são na realidade ilusões de óptica e os marcianos puramente imaginários: não existem «homenzinhos verdes» no planeta vermelho. Além disso, as sondas que pousaram em Marte não detectaram qualquer vestígio de vida.*

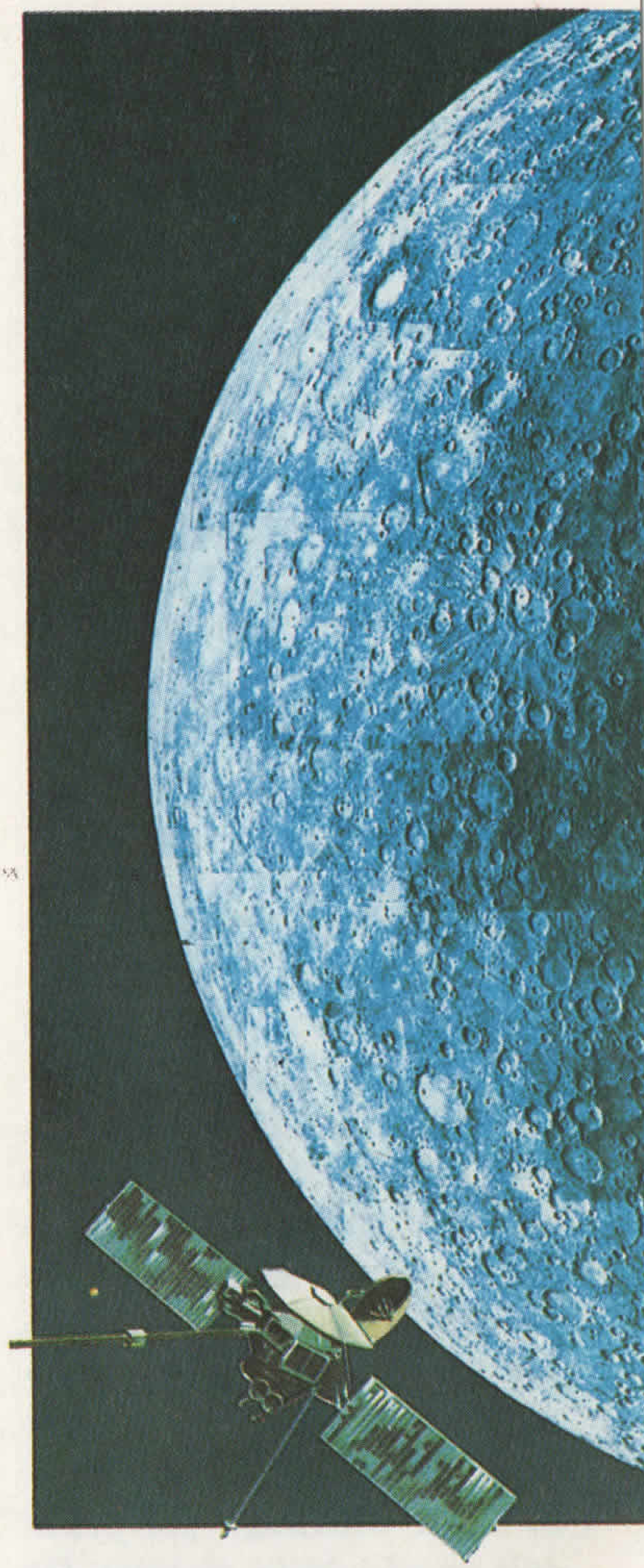
duas vezes mais volumoso do que a nossa Lua, à qual se assemelha como um irmão. De facto, as sondas espaciais que o sobrevoaram revelaram um globo crivado de crateras de impacte.

Mercúrio não tem atmosfera e é o planeta mais próximo do Sol. No seu céu, o Sol é três vezes maior do que no nosso. Consequência inevitável, a temperatura é igualmente mais elevada, atingindo cerca de 400°C no equador, ao meio-dia. Inversamente, à noite, devido ao facto de não haver qualquer atmosfera para conservar o calor, a temperatura cai abaixo dos –150°C.

Mercúrio é assim o planeta no qual se registam as maiores variações de temperatura (perto de 600 graus!) em meio dia, o que representa, entretanto, três dos nossos meses terrestres.

Os asteróides: o recenseamento impossível

Para lá de Marte, afastando-se do Sol, circulam milhares de pequenos planetas espalhados num vasto anel de 500 milhões de quilómetros de largura. São os asteróides, cujo maior, Ceres (1000 km de diâmetro), foi descoberto em 1801. Desde então



Mercúrio assemelha-se à Lua. *Muito próximo do Sol, este planeta conhece uma temperatura de + 400°C na face voltada para o Sol. Mas como não existe ar para distribuir o calor, a face nocturna está a – 150°C!*

outros foram localizados, a ponto de hoje se contarem mais de 2600, aumentando este número praticamente uma unidade por dia! Aqueles que se conseguem fotografar com os meios modernos têm apenas algumas centenas de metros de diâmetro. Mas existem certamente outros ainda mais pequenos.

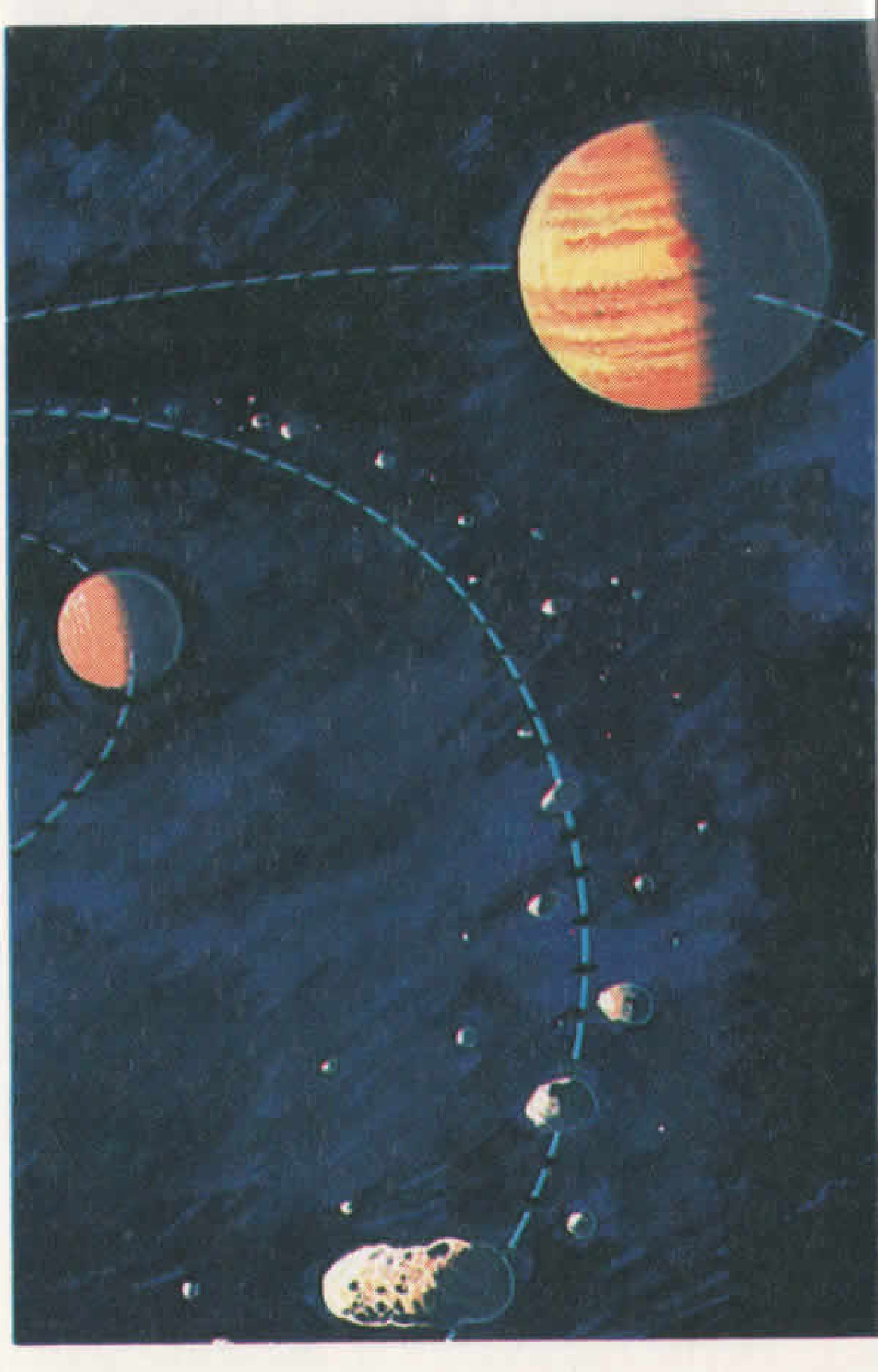
Se todos estes asteróides se fundissem num único astro, formariam apenas um globo de 1500 quilómetros de diâmetro, 600 vezes menos volumoso do que a Terra.

Os planetas gigantes

Júpiter e Saturno são os dois maiores planetas do sistema solar. Estas enormes esferas de gás estão rodeadas de uma atmosfera pouco espessa em que evoluem nuvens de metano e de amoníaco cristalizados. Estas nuvens estendem-se em faixas alternadamente claras e escuras, paralelas ao equador, sob o efeito da intensa força centrífuga provocada pela rotação destes planetas. De facto, Júpiter e Saturno executam muito rapidamente o movimento de rotação sobre si próprios, isto é, em cerca de 10 horas. Foram observadas ao nível do equador nuvens deslocando-se a 500 km/h em Júpiter, e a 1800 km/h em Saturno! As tempestades terrestres não passariam ali de ligeiras brisas.

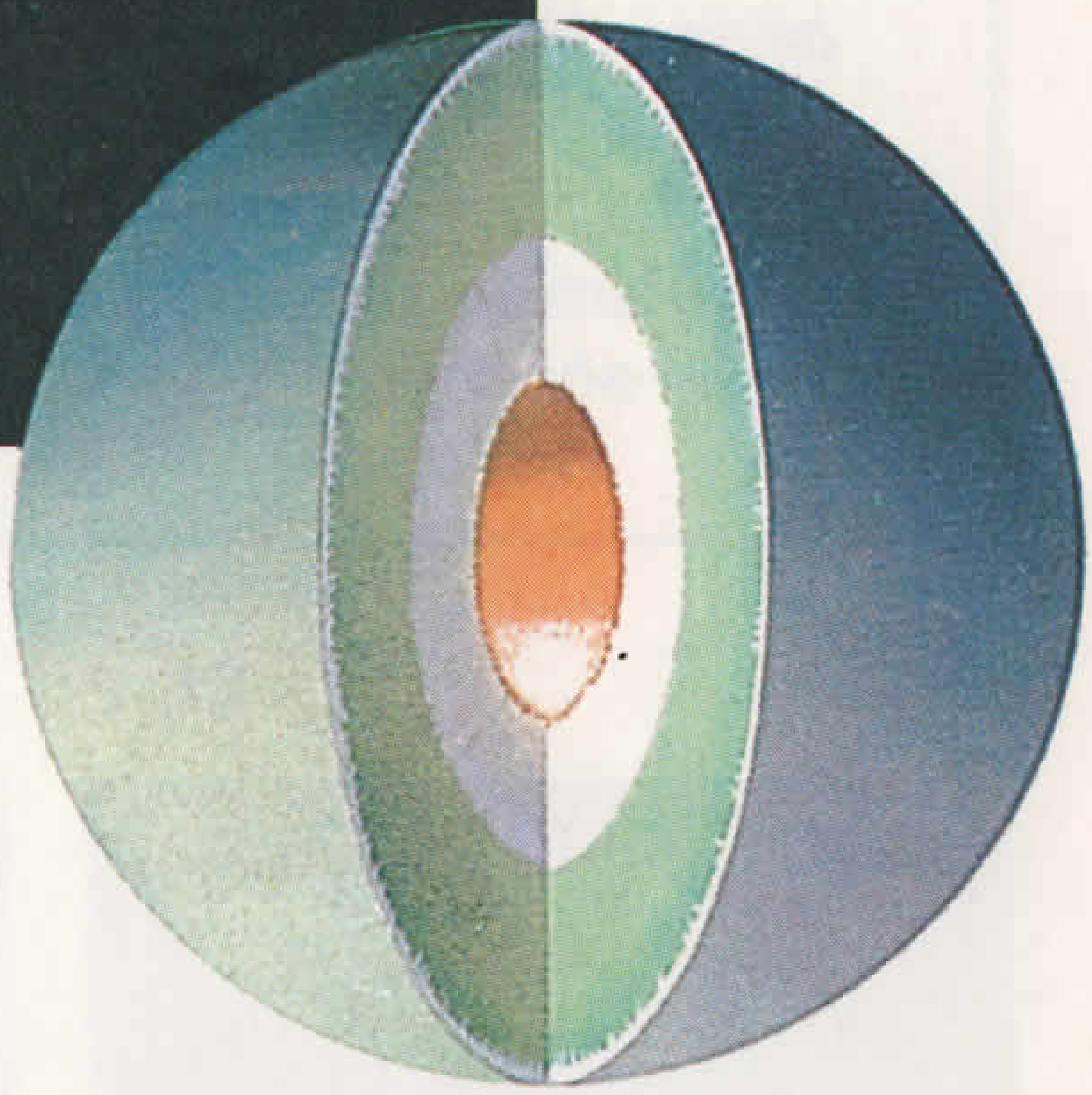
A temperatura aproxima-se dos –140°C no meio das nuvens de Júpiter. A formação atmosférica mais surpreendente neste planeta é uma espécie de enorme «olho» avermelhado, conhecido pelo nome de «Grande Mancha

Entre Marte e Júpiter, *circulam os asteróides: milhares de corpos rochosos que na sua maior parte não medem mais de alguns quilómetros de diâmetro.*





As fotos das sondas Voyager *permitem ver em pormenor as faixas nebulosas de Júpiter. Sob estas nuvens, o planeta não passa de uma enorme bola feita de várias camadas de hélio e de hidrogénio. Descobriu-se também um delgado anel de matérias em torno do planeta.*



Vermelha». As suas dimensões reduzem-se lentamente, mas mede ainda perto de 40 000 quilómetros de comprimento.

Em Saturno não há mancha gigante, mas localizaram-se manchas brancas que assinalam ciclones de rara violência.

Rosários de pedaços de gelo

Os anéis de Saturno são conhecidos há muito tempo. Foi Galileu quem os descobriu, em 1610, ao apontar pela primeira vez uma luneta astronómica para aquele

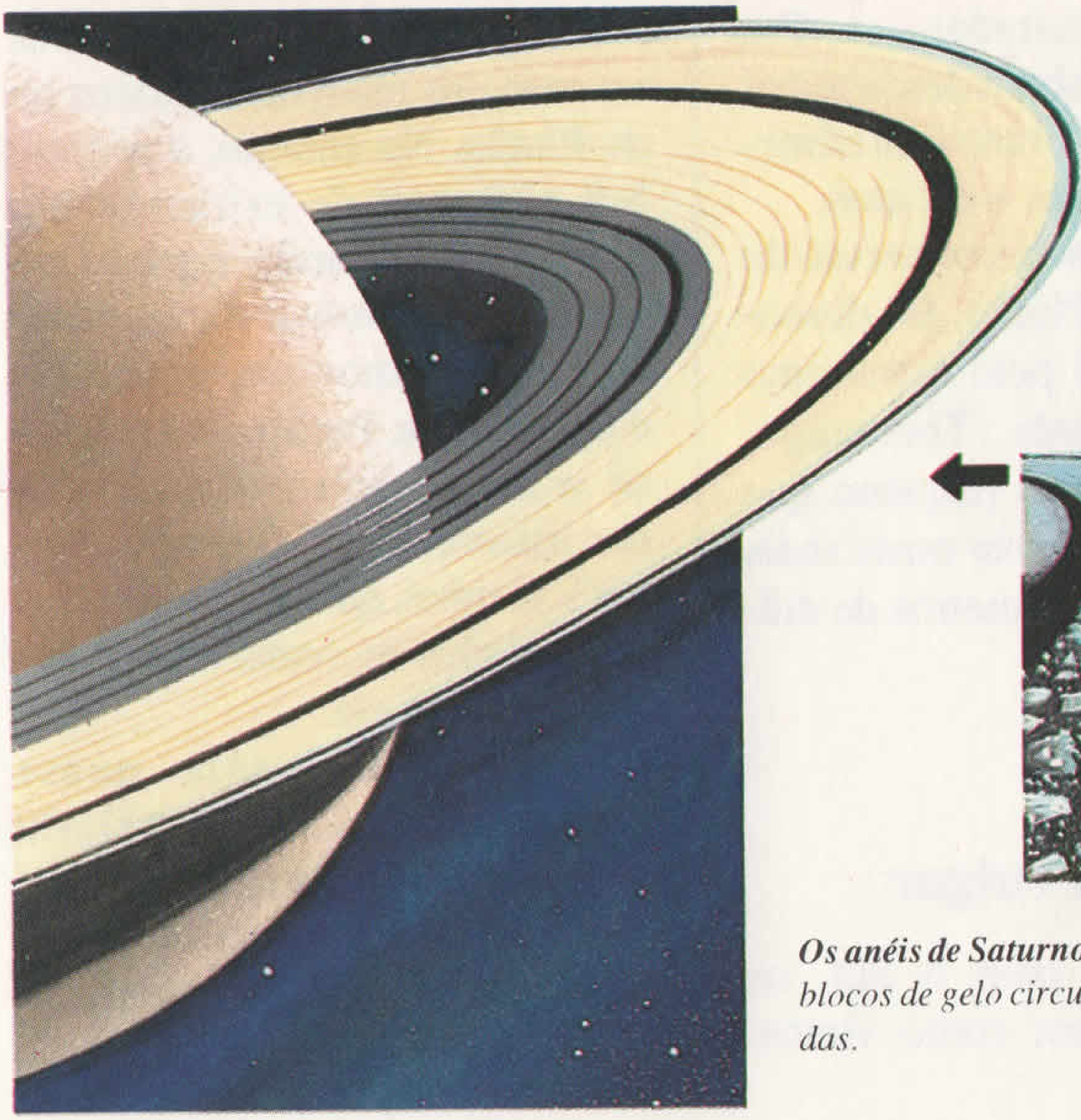
E os cometas?

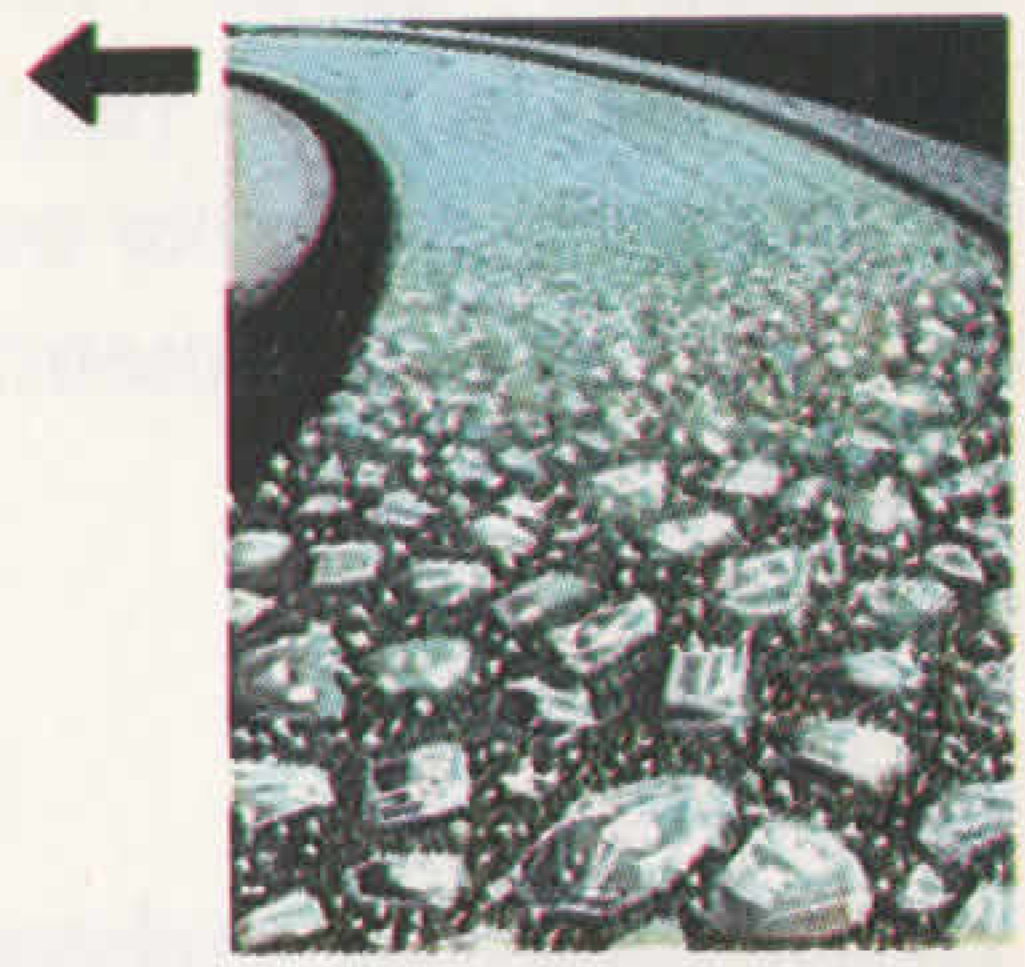
Uma cabeça brilhante, acompanhada de um longo rasto luminoso, cada vez maior porque cada vez mais iluminado à medida que se aproxima do Sol: é este o espectáculo, raro mas grandioso, que oferecem os cometas quando passam na vizinhança da Terra. Não existe ainda qualquer observação directa da sua parte sólida: trata-se, sem dúvida, de um núcleo de gelo e poeiras. Descrevem trajectórias muito alongadas e afastam-se até dezenas de biliões de quilómetros, até aos limites do sistema solar; alguns até os ultrapassam. Pensa-se actualmente que alguns vieram de outros sistemas e entraram pela primeira vez no sistema solar quando foram observados.



planeta. Contudo, ele não sabia do que se tratava, e é ao astrónomo holandês Christian Huygens que se deve a verdadeira explicação, quarenta anos mais tarde.

Os anéis de Saturno não são outra coisa senão biliões e biliões de pedaços de gelo girando à volta do planeta em filas cerradas, no seio de um disco com quase 300 000 quilómetros de diâmetro. Este disco é todavia bastante chato, pois tem menos de 100 metros de espessura: na mesma escala, um disco LP deve-





Os anéis de Saturno são constituídos por blocos de gelo circulando em filas cerradas.

ria ter 30 quilómetros de diâmetro! Se todo o gelo que constitui os anéis de Saturno se fundisse para formar um único astro, não constituiria mais do que um globo com 300 a 350 quilómetros de diâmetro...

Os «filhos mais novos»

Ao contrário dos planetas precedentes, visíveis a olho nu e por conseguinte conhecidos pelo menos desde a Antiguidade, os gigantes de gelo que são Úrano e Neptuno só bastante recentemente foram incluídos nas tabelas dos astrónomos. Efectivamente, Úrano foi descoberto em 1781 pelo inglês William Herschel, e Neptuno em 1846, pelo alemão Johann Galle.

Estes planetas estão tão afastados (a 2,6 e 4,3 mil milhões de quilómetros da Terra, respectivamente) que os mais potentes telescópios não nos mostram senão vagos traços cinzentos na sua superfície. Sabe-se apenas que estão rodeados por uma espessa atmosfera de metano e que o eixo de rotação de Úrano é perpendicular à órbita. Por outras palavras, este planeta gira quase com-

pletamente «deitado»... Em 1977 foram também descobertos anéis rodeando Úrano (em número de 9), delgados e escuros.

O último planeta conhecido do sistema solar, Plutão, foi descoberto em 1930 pelo astrónomo americano Clyde Tombaugh. É também o mais pequeno que se conhece, pois não mede mais do que 3000 quilómetros de diâmetro.

O Sol: uma estrela vulgar

Comparados com o Sol, os planetas parecem como vimos, muito pequenos, até minúsculos no caso dos planetas telúricos ou de Plutão. No entanto, o próprio Sol nada tem de extraordinário como astro quando comparado com bom número de outras estrelas – recordemos que ele próprio é uma estrela. Parece até irrisório se o compararamos com uma das maiores estrelas conhecidas, a VV Cephei, que é, com efeito, 2 mil milhões de vezes mais volumosa do que ele.

Mas embora seja quase «anão», com os seus 1 400 000 quilómetros de diâmetro, o Sol é tão volumoso que poderia conter mais de um milhão de planetas como a Terra!

Uma velocidade louca

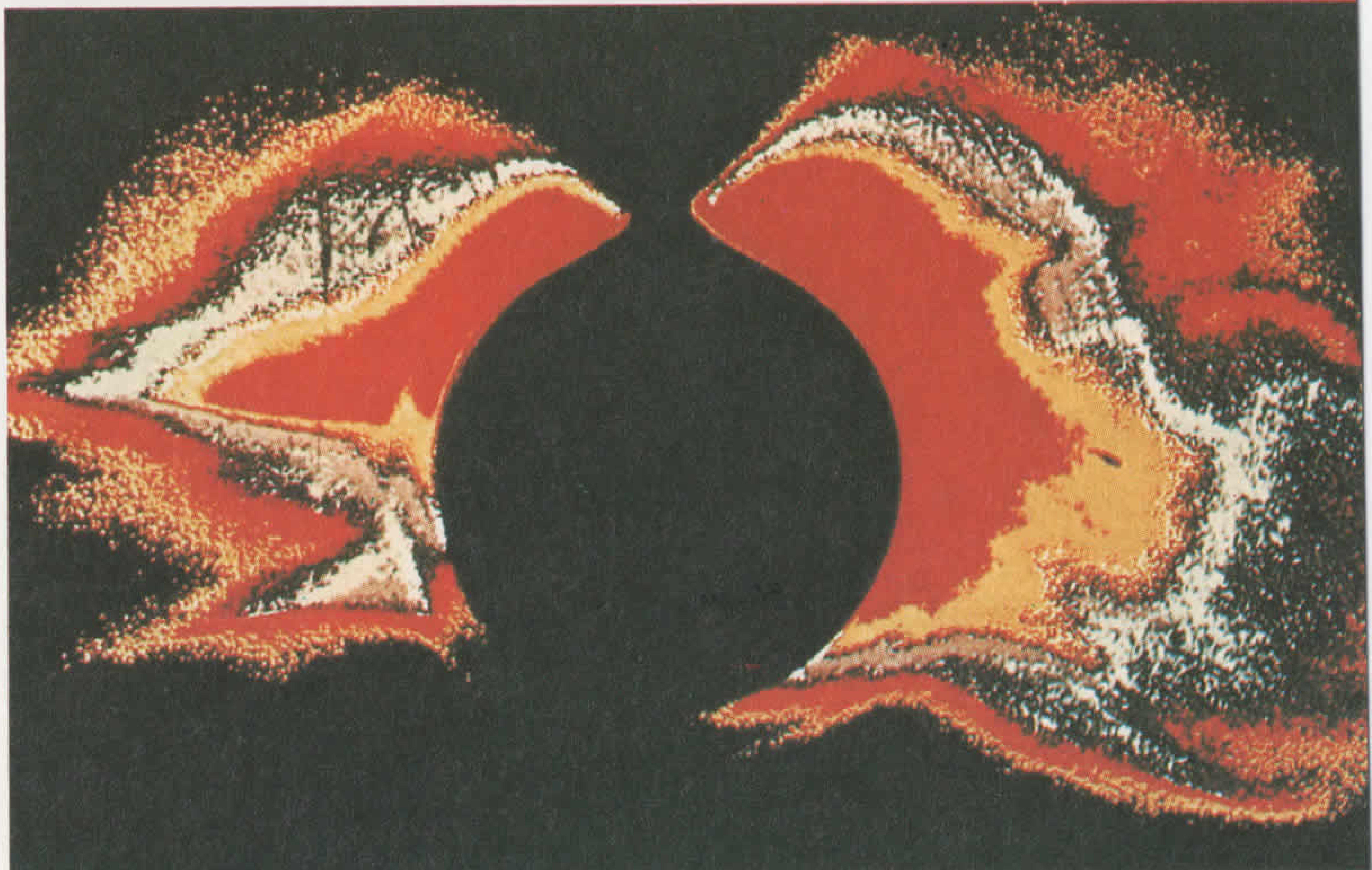
300 000 quilométros por segundo, mil milhões de quilómetros por hora, 10 000 mil milhões de quilómetros por ano: tal é a velocidade louca da luz.
O trajecto que ela percorre num ano permitiu criar uma unidade de medida, o ano-luz, que serve para calcular as distâncias consideráveis entre as estrelas e os sistemas estelares, as galáxias.
Os astronómos utilizam além dele, o parsec , que corresponde a 3,26 anos-luz.

Manchas que dizem muito

O que vemos do Sol quando o observamos no céu corresponde somente ao invólucro donde partem os raios luminosos aos quais o nosso olho é sensível. Este



***Na superfície do Sol** aparecem manchas escuras, de bordos recortados. Por cima desta superfície estende-se uma atmosfera vasta e quente, invisível contra o azul do céu: a coroa, revelada pelos satélites astronómicos.*



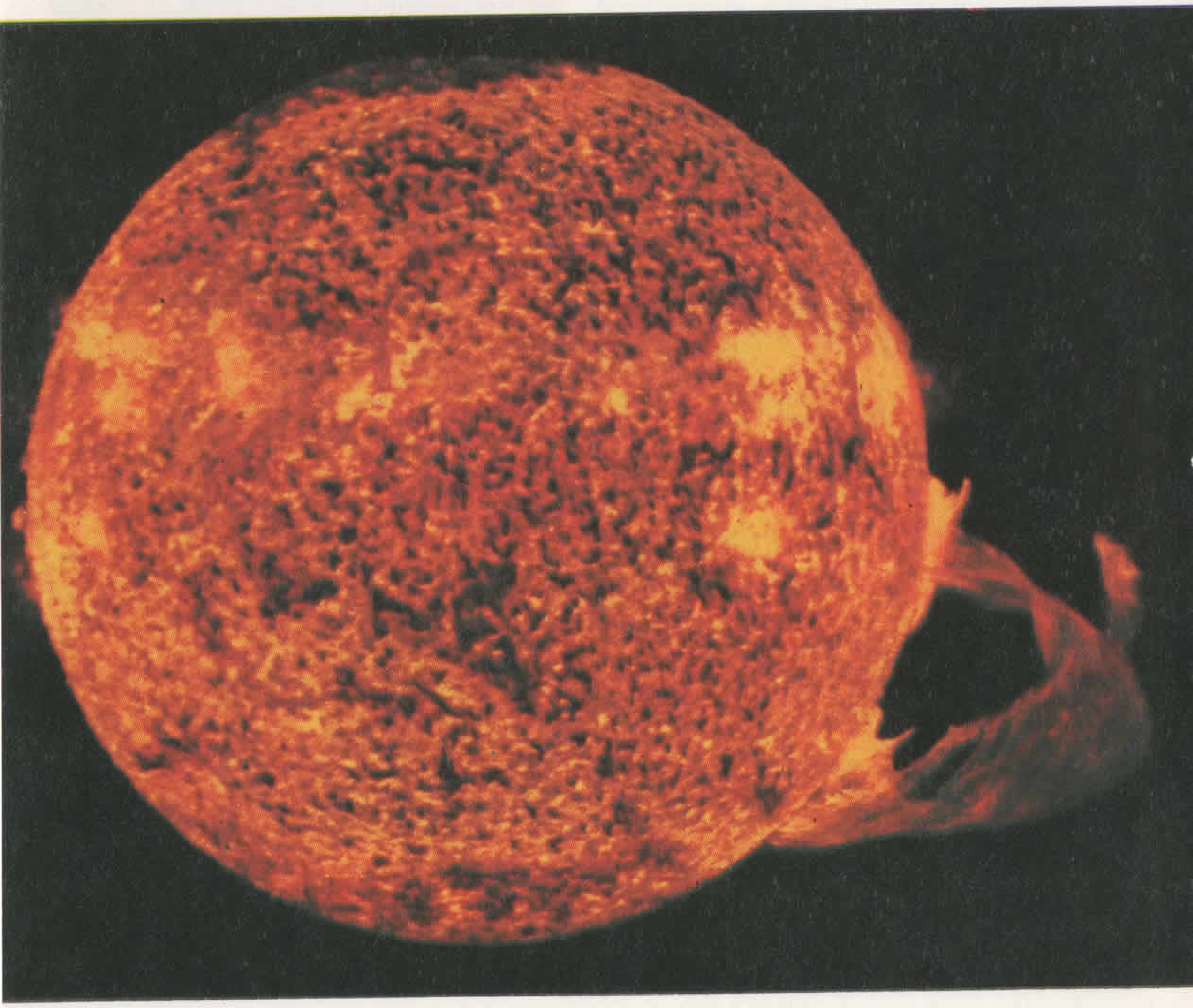
invólucro delimita uma superfície chamada fotosfera.

Na fotosfera distinguem-se «grãos de arroz», isto é, uma justaposição de pequenas manchas com cerca de 2000 quilómetros de diâmetro, que correspondem a bolhas de gases quentes. Mas o que causa admiração é a presença de manchas escuras, de rebordos recortados, que polvilham o disco solar.

Trata-se de zonas onde o campo magnético interno do Sol se estende até à superfície, provocando um arrefecimento. Enquanto a temperatura média da fotosfera é de cerca de 5500 graus, a das manchas é próxima dos 4000 graus. Por isso, as manchas aparecem negras por um efeito de contraste.

O recorde pertence a um grupo de 107 manchas que, em Abril de

As «chamas» do Sol *(protuberâncias) são jactos de hidrogénio.*



O astro Sol foi considerado um deus durante muito tempo. Este baixo-relevo egípcio representa o faraó Akhenaton em adoração perante o Sol, colocado acima de todas as outras divindades.



1947, se estendeu ao longo de 320 000 quilómetros: teria sido possível alinhar 25 vezes a Terra diante dele.

Em média, uma grande mancha isolada ou um pequeno grupo têm aproximadamente o tamanho do nosso planeta. Estas manchas desaparecem após algumas semanas de existência, sendo substituídas por outras. Assinalando a sua posição diariamente, foi possível medir assim o período de rotação do Sol. Como é composto por uma massa fluida, o Sol gira mais depressa no equador do que nas regiões polares: 25 e 34 dias, respectivamente. O número de manchas solares e a sua extensão variam segundo

um ciclo de cerca de 11 anos: é o ciclo de actividade do Sol.

Imensas «pontes» de hidrogénio

Por cima da fotosfera estende--se uma camada gasosa de 10 000 quilómetros de espessura: é a cromosfera, que corresponde à atmosfera baixa do Sol. É nesta cromosfera que nascem as «protuberâncias», que são de certa forma as chamas do Sol, se bem que não se trate de uma combustão no sentido que a entendemos na Terra.

Estas protuberâncias são gigantescos arcos de hidrogénio que jorram até algumas dezenas de milhares de quilómetros de altura, deformando-se, quebrando-se e voltando a cair na superfície, em algumas horas. Em 1946, durante um máximo de actividade do ciclo solar, viu-se mesmo uma protuberância elevar-se até 1 700 000 quilómetros, o que é superior ao diâmetro do próprio Sol.

Por cima da cromosfera estende-se a coroa, isto é, a alta atmosfera do Sol. Esta apenas é visível por ocasião dos eclipses totais do Sol, pois a sua luminosidade é um milhão de vezes inferior à do céu azul. É esta a razão por que não podemos vê-la em tempo normal, excepto utilizando lunetas espe-



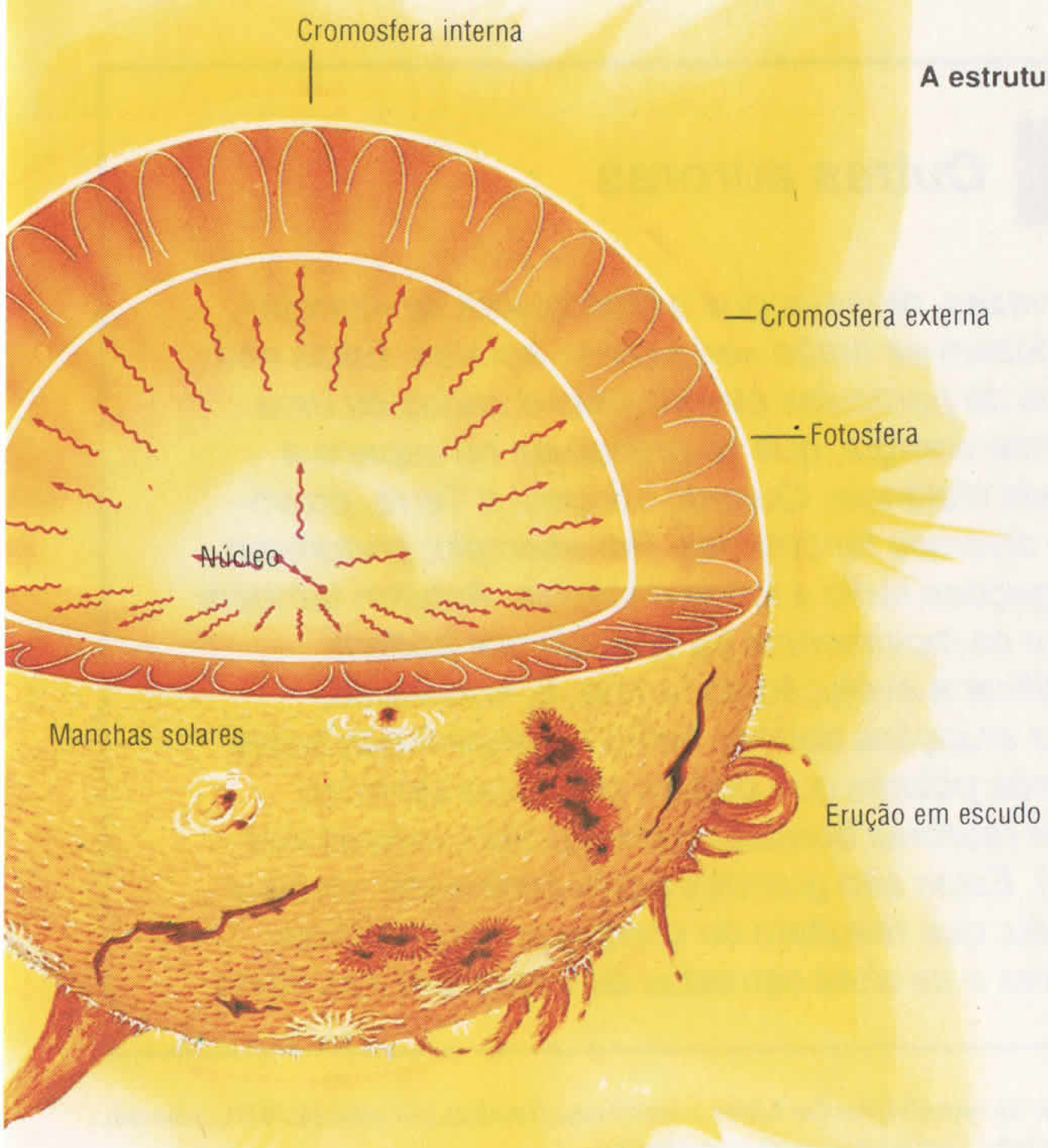
***No interior do Sol**, o hidrogénio levado a vários milhões de graus forma turbilhões chamados «células de convecção», as quais transportam para a superfície o gás quente vindo das profundezas.*

ciais, chamadas coronógrafos, que permitem recriar eclipses artificiais.

Dispêndios, mas também colossais reservas de energia

É mais difícil saber o que existe sob a superfície visível do Sol, que não é directamente observável.

É lá que se desenrolam as reacções nucleares extremamente poderosas donde o Sol retira a sua energia. Em cada segundo, o astro transforma assim 600 milhões de toneladas de hidrogénio em 596 toneladas de hélio. A diferença, ou seja, 4 milhões de tone-



A estrutura do sol


ladas, é directamente transformada em energia. O Sol, para brilhar, liberta-se assim de 345 biliões de toneladas de gás por dia, o que não passa de uma gota de água comparada com a sua massa total: de facto, desde que nasceu, ele perdeu apenas 0,03 por cento da matéria que possuía na origem. E, a este ritmo, os astrónomos ainda lhe dão uma «esperança de vida» que oscila entre 5 e 7 mil milhões de anos... O Sol, como já vimos, é uma estrela vulgar, de dimensões modestas, e não passa de um dos representantes de uma vasta família que agrupa astros muito diversos.

Estes variam pelo tamanho. Recordemos VV Cephei, um monstro comparado com o Sol. Mas, inversamente, existem também estrelas mais pequenas do que esta última. Sírio B, por

Outras auroras

Por vezes, dir-se-ia que a cromosfera se «zanga». Produzem-se então «erupções» solares. Estas são jactos de partículas electrizadas dotadas de uma enorme energia, que se propagam no espaço a grande distância. Quando atingem a Terra, provocam diversos fenómenos. Por exemplo, perturbam as ligações rádio a longa distância. Actuam também sobre os movimentos da atmosfera e podem modificar a evolução do tempo. E, sobretudo, estas erupções solares estão na origem das belas auroras polares que podem ser vistas tanto no Norte (auroras boreais) como no Sul (auroras austrais). Estas são grandes arcos luminosos, visíveis no céu, que resultam do choque entre partículas solares e as altas camadas da atmosfera nos pólos.

Para compensar as imperfeições das lentes, *o astrónomo Hevelius, por volta de 1670, construiu esta luneta sem tubo, com 40 metros de comprimento.*



exemplo, tem apenas o tamanho da Terra. Foram até descobertas estrelas que são ainda mais pequenas, como os *pulsares:* o seu diâmetro é de somente uma dezena de quilómetros – apenas o tamanho de uma cidade. Mas voltaremos ao assunto.

No entanto, o tamanho não é o critério principal para classificar as estrelas.

Uma questão de cor

Os astrónomos classificam-nas segundo o seu tipo espectral, isto é, a sua cor, que traduz a temperatura de superfície.

Cores diferentes? É caso para nos surpreendermos. As estrelas que vemos à noite não nos parecem todas brancas? É que os nossos olhos trabalham mal na

Traços de fogo no céu

As estrelas cadentes, apesar do seu nome, não são estrelas que se desprendem do céu para caírem na Terra. Trata-se na realidade de poeiras ou de pequenos fragmentos rochosos e metálicos – meteoritos – que circulam no espaço e que, por vezes, cruzam a órbita do nosso planeta. Atravessam a atmosfera a uma velocidade muito grande (às vezes 250 000 km/h!) e são consumidos pelo fogo numa fracção de segundo. Vemos então aparecer no céu um fugidio e silencioso traço de fogo.

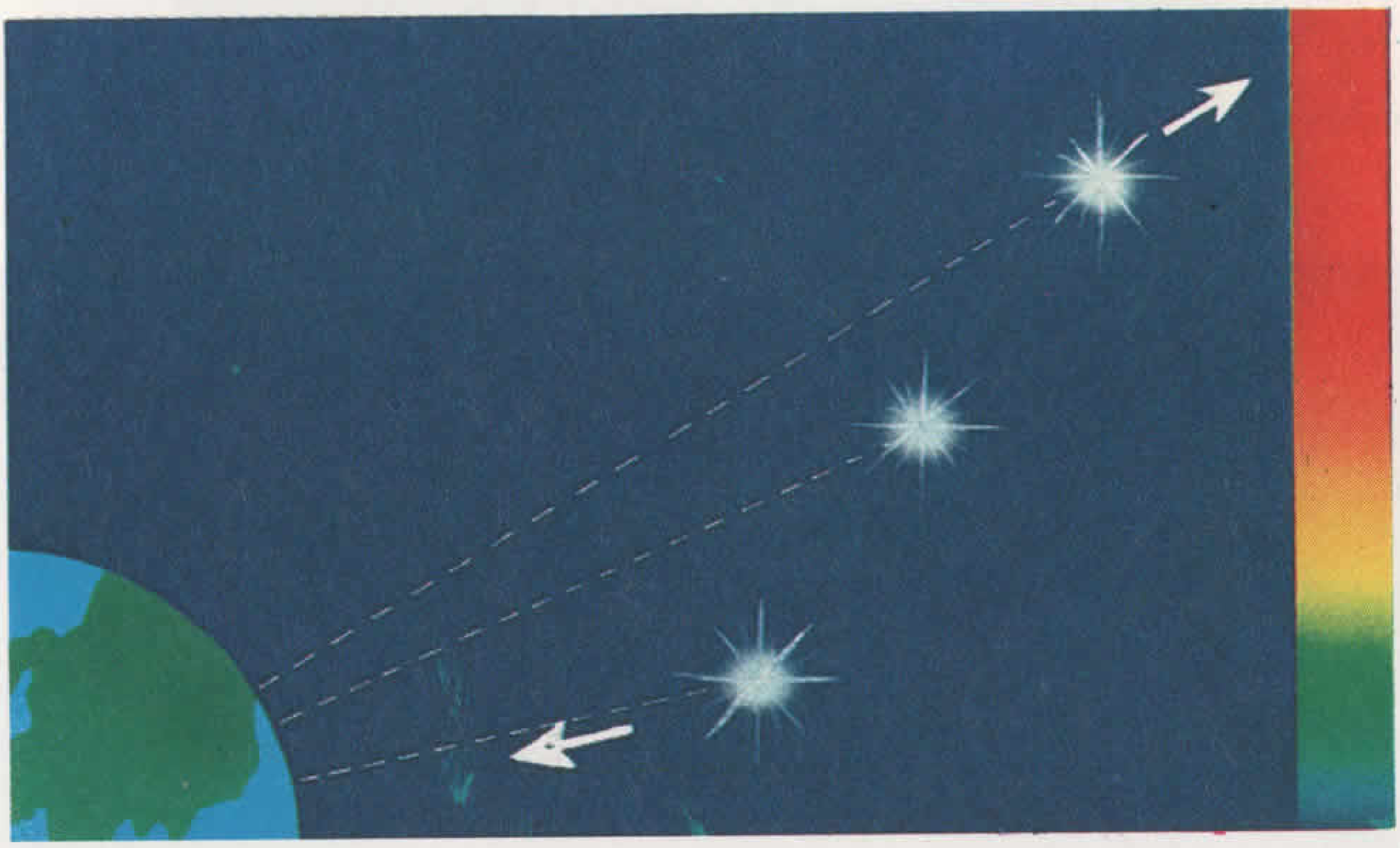
Estes fragmentos celestes têm um tamanho que vai desde o de um grão de areia até ao de um pedaço de brita. Além destes, observam-se «bólides», verdadeiras bolas de fogo que podem iluminar o solo com mais intensidade do que a lua cheia; estes pesam alguns quilos no momento em que penetram na atmosfera.

obscuridade. Em especial, quase não chegam a apreciar as cores. Mas tudo se passa de modo diferente quando se observa o céu com um telescópio.

Verifica-se então que, entre a enorme quantidade de estrelas, existem azuis, verdes, amarelas, alaranjadas e vermelhas. As azuis são as mais quentes (mais de 30 000 graus à superfície), as vermelhas as mais frias («apenas» 3000 graus). O Sol, que é uma estrela amarela, possui uma fotosfera cuja temperatura é de cerca de 5500 graus, como já vimos.

Existem também estrelas variáveis, cujo brilho oscila de maneira por vezes importante no espaço de algumas horas, nas mais rápidas, ou em algumas dezenas de anos, nas mais lentas.

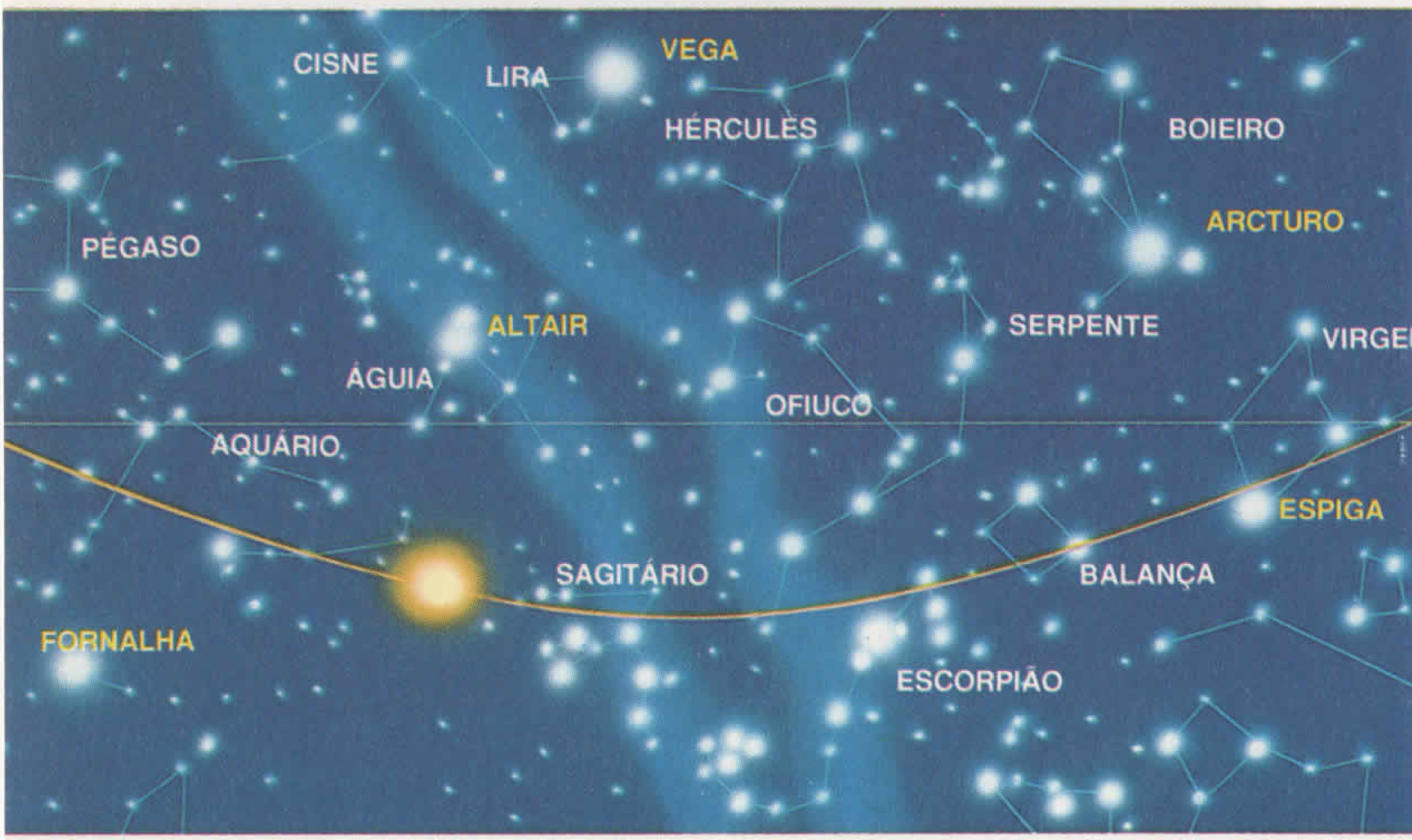
Quando uma estrela se afasta ou se aproxima *de nós, os raios do seu espectro, que correspondem às cores do arco-íris, são desviados para o vermelho ou para o azul.*



Nas duas páginas seguintes: *a abóbada celeste tal como aparece no pólo Norte, no pólo Sul e no equador. A trajectória do Sol (mapa do equador) provém do facto de o eixo daquele e o da Terra não serem paralelos (formam um ângulo de cerca de 23°). Durante o seu curso anual, o Sol atravessa as constelações do Zodíaco.*

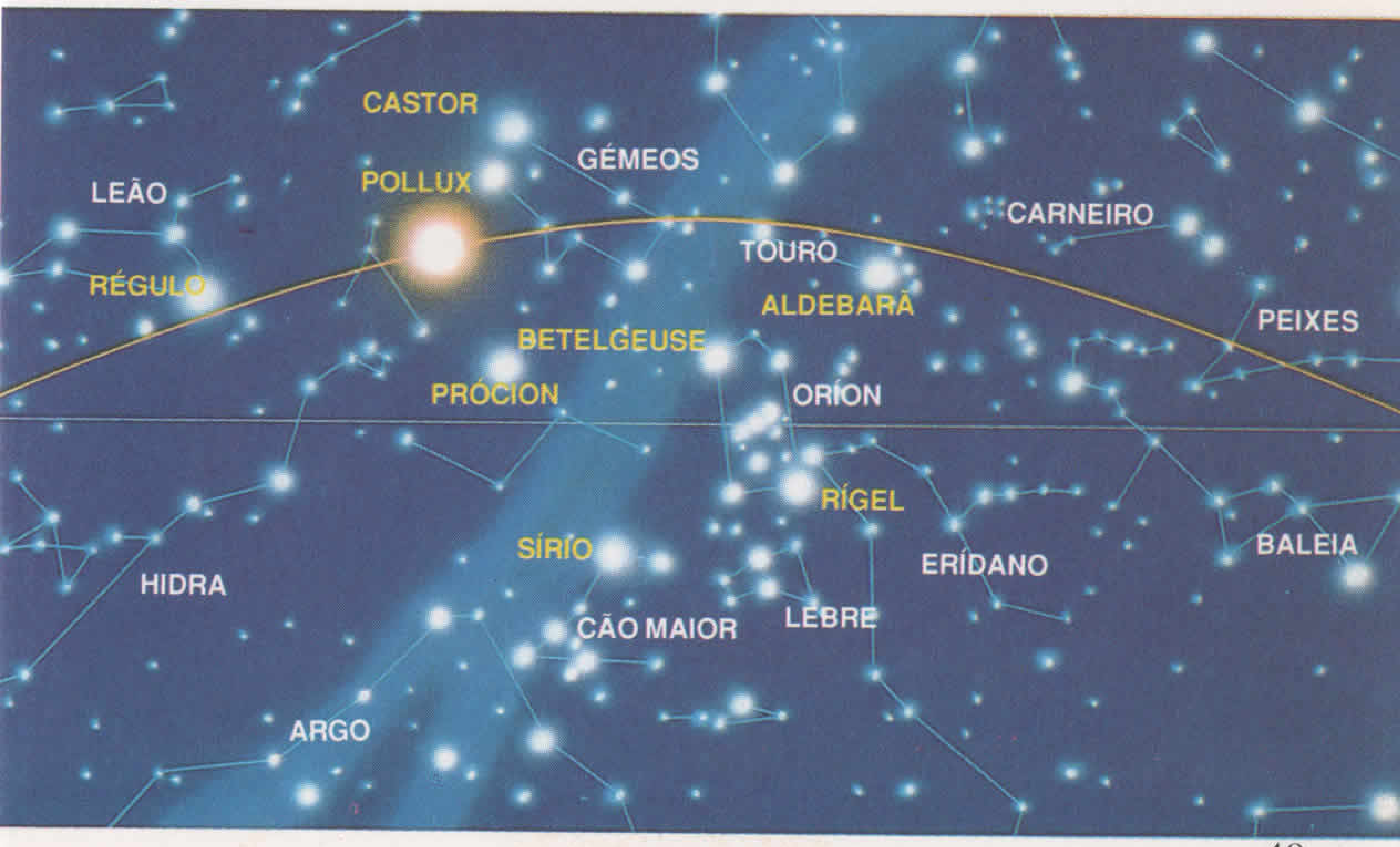


O pólo Norte celeste





O pólo Sul celeste



O equador celeste

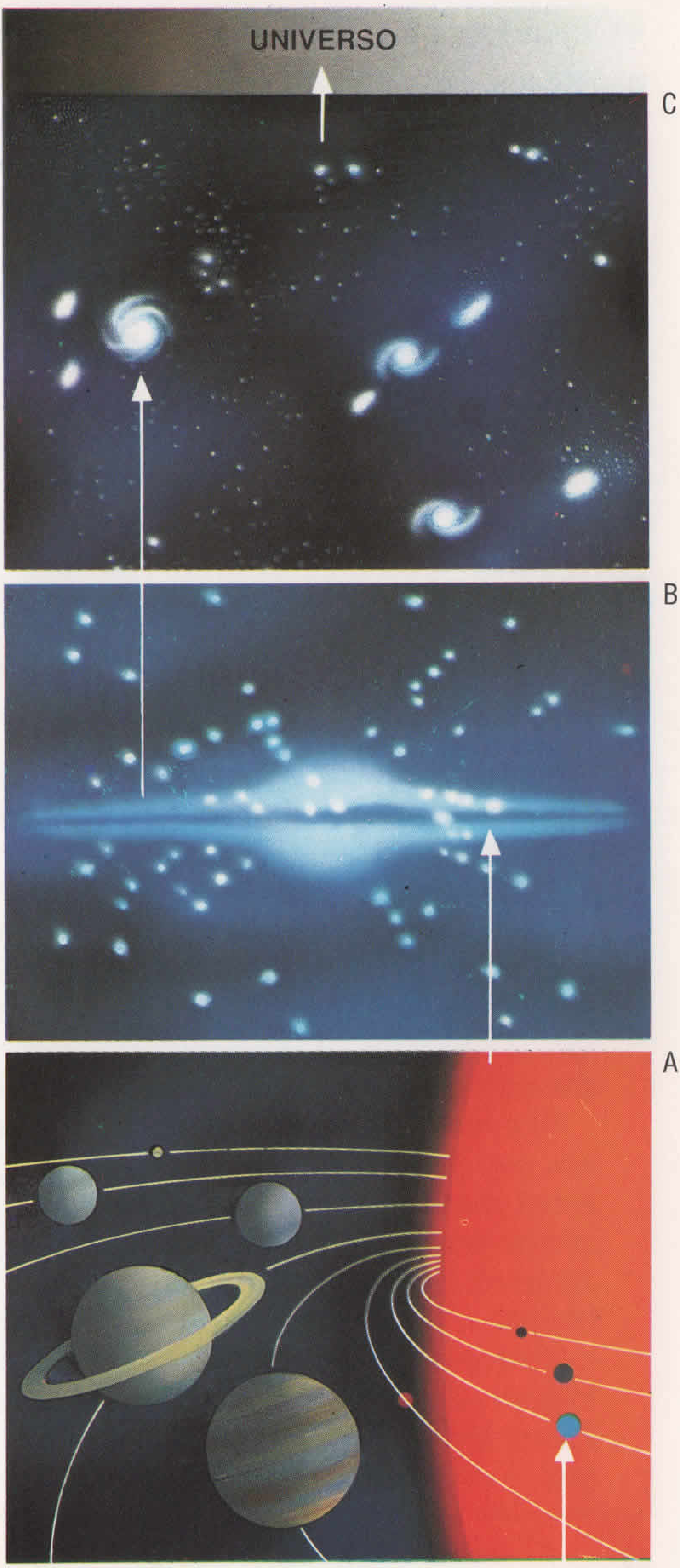
A Via Láctea

Quando o céu está bastante escuro, é possível distinguir, entre as estrelas, um longo rasto esbranquiçado: é a Via Láctea, formada por uma enorme quantidade de estrelas muito cerradas para poderem ser distinguidas individualmente. A Via Láctea é mais visível em Setembro, à noite. Ela atravessa o céu, do horizonte nordeste para o horizonte sudoeste, passando pelo zénite. A meia altura, em direcção do sudoeste, divide-se em dois ramos. O da direita é bastante disperso, mas o da esquerda, na constelação do Sagitário, é bastante denso. É aqui que se situa o centro da nossa Galáxia.

Uma galáxia é uma espécie de gigantesca cidade estelar em que os edifícios são estrelas. E o mesmo se passa com a nossa Galáxia – que se escreve com G maiúsculo para a distinguir das outras. E a Via Láctea é uma espécie de grande aglomerado que observamos dos arredores desta cidade estelar. O Sol situa-se, de facto, na orla da Galáxia.

Esta apresenta-se, de perfil, como um disco achatado e inchado no centro. Tem um diâmetro de cerca de 100 000 anos-luz e uma espessura de 15 000 anos-luz.

O Sol encontra-se a 30 000 anos-luz do centro em torno do qual gira (como todas as outras estrelas) em 220 milhões de anos. Por conseguinte, já cumpriu uma vintena de voltas desde o seu nascimento. Os astrónomos estimam que a nossa Galáxia possui perto de 200 mil milhões de estrelas. Deste total cerca de 2500 são visíveis a olho nu, numa noite boa.



A nossa Terra é apenas um planeta *entre muitos outros do sistema solar (A). Este, com o Sol no centro, situa-se na orla de um grande disco que encerra 200 mil milhões de outras estrelas: a Galáxia (B). E esta pertence a um grupo de uma trintena de galáxias: o Cúmulo Local (C), por sua vez perdido na imensidão do Universo.*

«Cúmulos abertos»

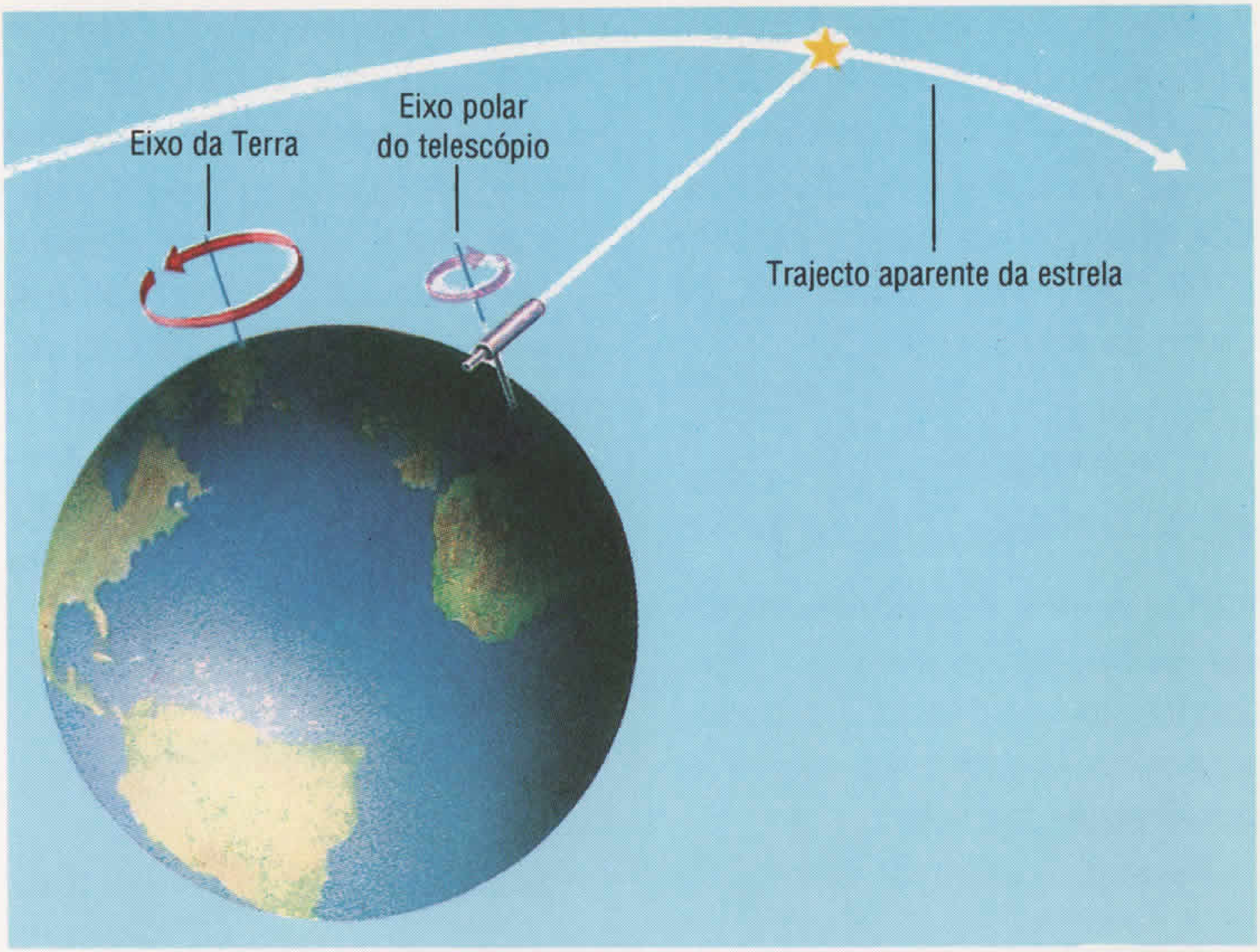
As estrelas são muitíssimo numerosas na Galáxia, mas esta é tão vasta que é considerável a distância que as separa. A Proóxima do Centauro, a mais próxima de nós, situa-se, como vimos, a pouco mais de 4 anos-luz. A seguinte (a estrela de Barnard) está a 6 anos-luz. Contamos apenas oito num raio de 10 anos-luz à volta do Sol. Em média, estas estrelas estão separadas por uma distância que representa dez milhões de vezes o seu próprio diâmetro. Proporcionalmente, isto corresponde quase a cabeças de alfinetes espaçadas de 20 quilómetros!

Mas encontram-se também na Galáxia estrelas agrupadas em cúmulos.

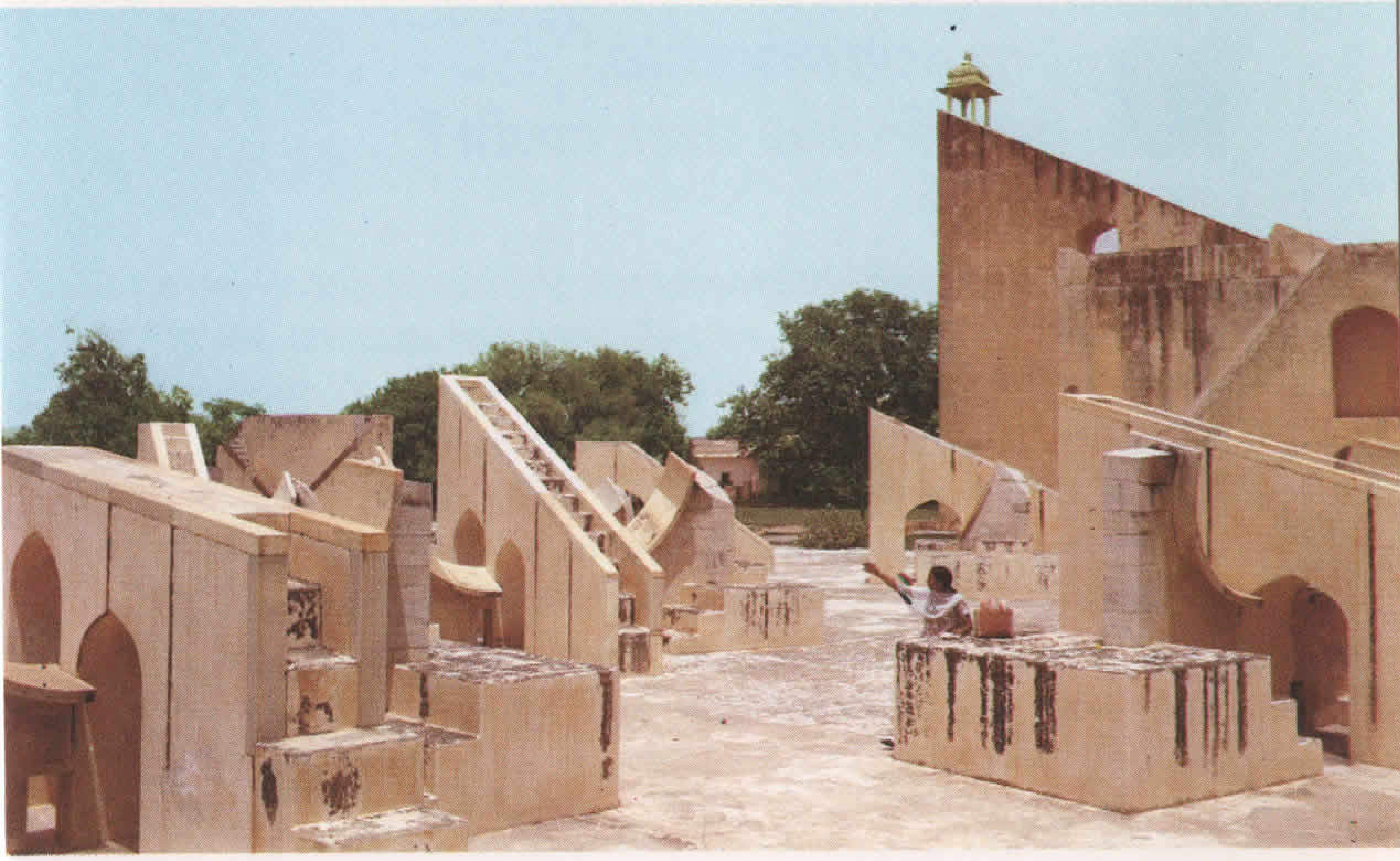
Constelações e zodíaco

Desde a Antiguidade e para facilitar a localização no céu, os astrónomos imaginaram ligar as estrelas mais brilhantes por meio de linhas imaginárias, desenhando animais ou personagens lendárias. Encontram-se assim o Leão, o Cisne, a Águia, Hércules e Perseu, por exemplo. Um primeiro lote de 48 constelações foi recenseado, no ano 137 da nossa era, por Ptolemeu. E numerosos astrónomos completaram esta cartografia, ao longo dos séculos, estendendo-a ao hemisfério austral.

Finalmente, a União Astronómica Internacional oficializou, em 1927, o traçado de 88 constelações. Entre estas, doze são atravessadas pelo Sol no curso do seu périplo anual e constituem o zodíaco: o Aquário (21 de Janeiro); os Peixes (20 de Fevereiro); o Carneiro (21 de Março); o Touro (21 de Abril); os Gémeos (22 de Maio); o Caranguejo (22 de Junho); o Leão (23 de Julho); a Virgem (23 de Agosto); a Balança (23 de Setembro); o Escorpião (23 de Outubro); o Sagitário (22 de Novembro); o Capricórnio (21 de Dezembro).



Para compensar a rotação terrestre, *os telescópios rodam em sentido contrário. Estes grandes relógios solares de pedra, construídos em Jaipur, na Índia (em baixo), no século XVIII, dão a hora segundo a posição do Sol.*



Alguns, chamados «cúmulos abertos», reúnem algumas dezenas ou algumas centenas de estrelas, ainda bastante distanciadas umas das outras. O mais belo deste tipo é o das «Plêiades», na constelação do Touro.

...e «cúmulos globulares»

Ainda mais espectaculares são os «cúmulos globulares», que englobam até 100 000 estrelas, agrupadas numa bola com 150 anos-luz de diâmetro.

O mais próximo (matrícula NGC 6397) está a 8000 anos-luz do Sol, o que representa uma distância considerável. Saiba-se também que os cúmulos globulares se distribuem segundo uma espécie de halo que envolve a nossa Galáxia. Eles constituem, de certo modo, as fronteiras.

O mais belo dos cúmulos globulares é Ómega, da constelação do Centauro, apenas visível do hemisfério Sul.

As surpreendentes nebulosas

A Galáxia não é apenas uma

Em astronomia, que é uma matrícula?

Os astrónomos estabeleceram diversos catálogos para recensear as estrelas e as galáxias. Por isso, os astros são designados pelas iniciais do catálogo escolhido, seguidas de um número de ordem. Assim, a galáxia Andrómeda é também chamada M 31, por ser o 31.º corpo celeste catalogado no fim do século XVIII pelo astrónomo francês Charles Messier. Mas a mesma galáxia é chamada NGC 224 pelos Americanos, segundo o seu New General Catalogue («Novo Catálogo Geral»).



A nebulosa América*, na constelação do Cisne.*

vasta colecção de estrelas. Ela inclui igualmente nuvens de gás e de poeiras, que se estendem entre as estrelas. Estas nuvens provêm, quer de resíduos de estrelas que explodiram, quer de resíduos excedentes depois da formação de certas estrelas.

Quando estas nuvens se encontram na proximidade de uma es-

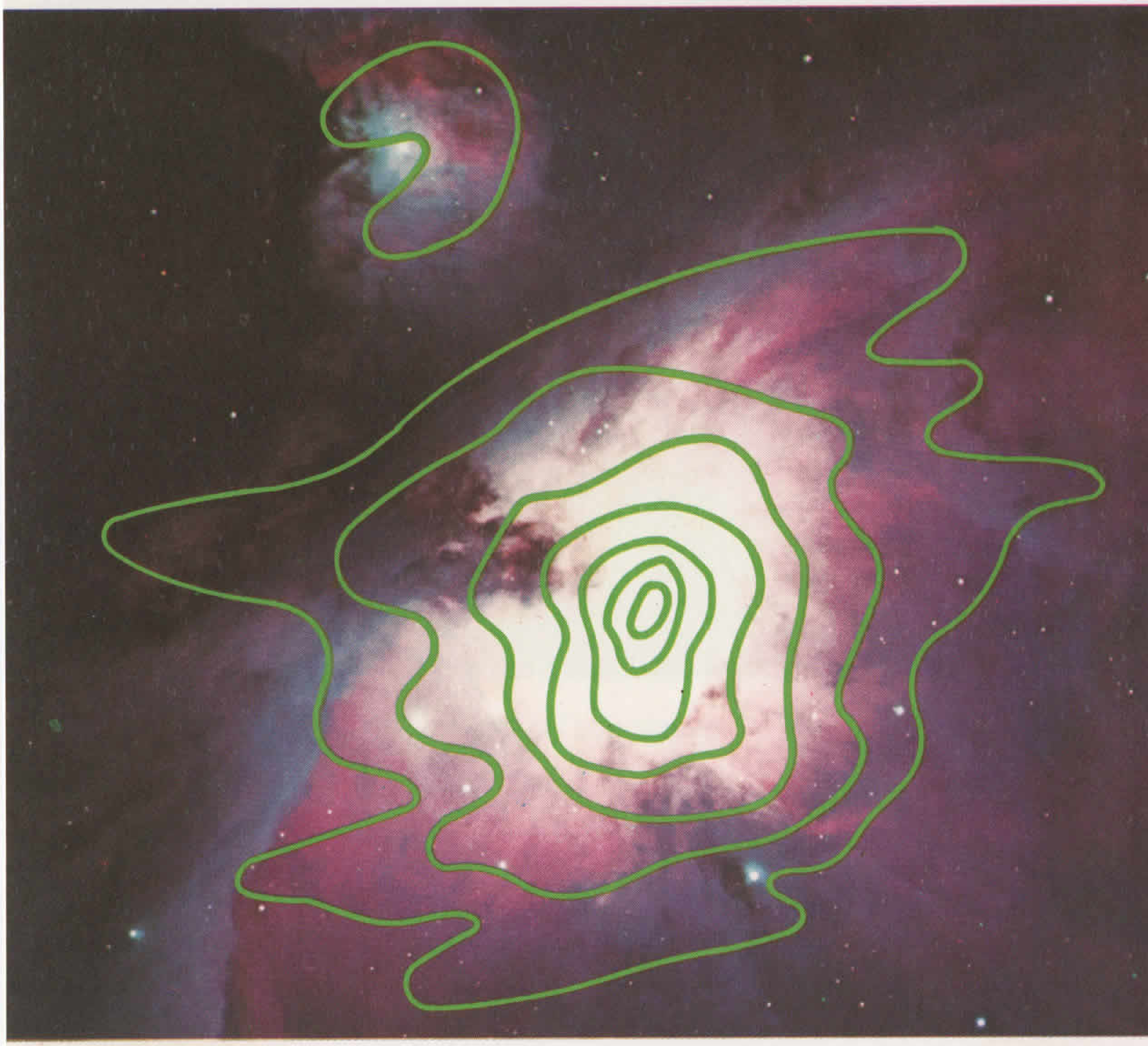
trela em actividade, são «excitadas» pela radiação desta estrela e tornam-se luminescentes. Observam-se então no céu maravilhosas cortinas coloridas, que formam nebulosas difusas. A mais bela é, sem dúvida, a grande nebulosa de Oríon.

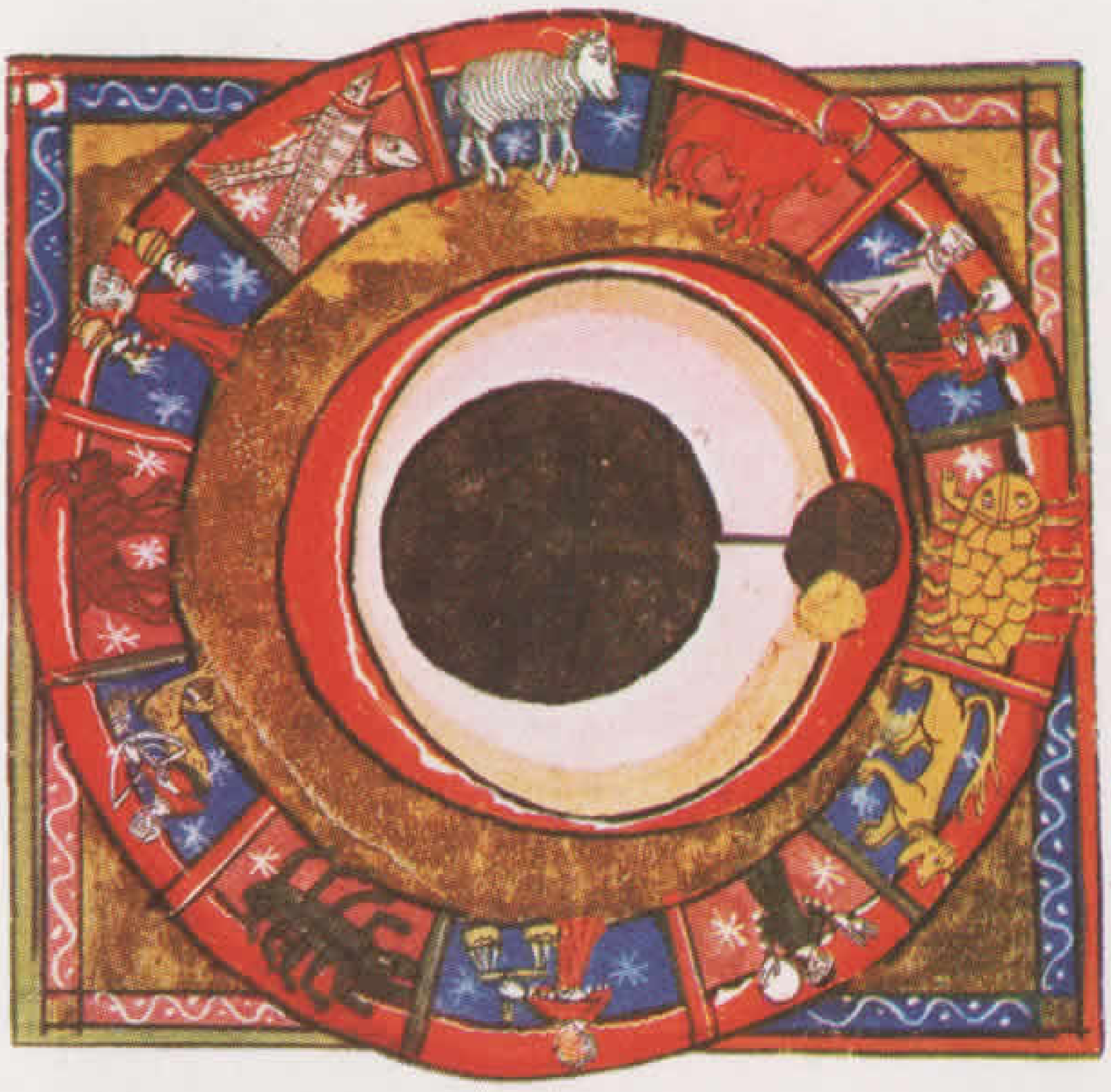
Citemos finalmente as nebulosas planetárias, assim baptizadas porque afectam mais frequentemente a forma de um planeta. Estas são envoltórios de gases ejectados por certas estrelas durante crises de crescimento.

O destino das estrelas

As estrelas não são astros con-

A grande nebulosa de Oríon, *cartografada por um radiotelescópio, não tem a mesma forma que nas fotografias tiradas no telescópio.*






Os signos do Zodíaco. Manuscrito do século XV.

Deve acreditar-se nos horóscopos?

Numerosos jornais e revistas difundem os horóscopos que «predizem» o destino de cada um segundo a posição das estrelas no momento do seu nascimento.

Desde a mais remota Antiguidade, acreditava-se, na Mesopotâmia, no Egipto e na Grécia, que se podia ler o futuro nos astros. Assim nasceu a astrologia. Mas as constelações, como vimos, são figuras puramente imaginárias. É evidente que os indivíduos nascidos no mesmo instante por esse mundo fora não têm, por esse facto, o mesmo destino. As bases da astrologia não são muito verdadeiras. E não se deve confundi-la com a astronomia, que é uma ciência baseada em factos de observação indiscutíveis.


8
9
1
3
2



10
12
11
4
6
5
7

Nas duas páginas anteriores:

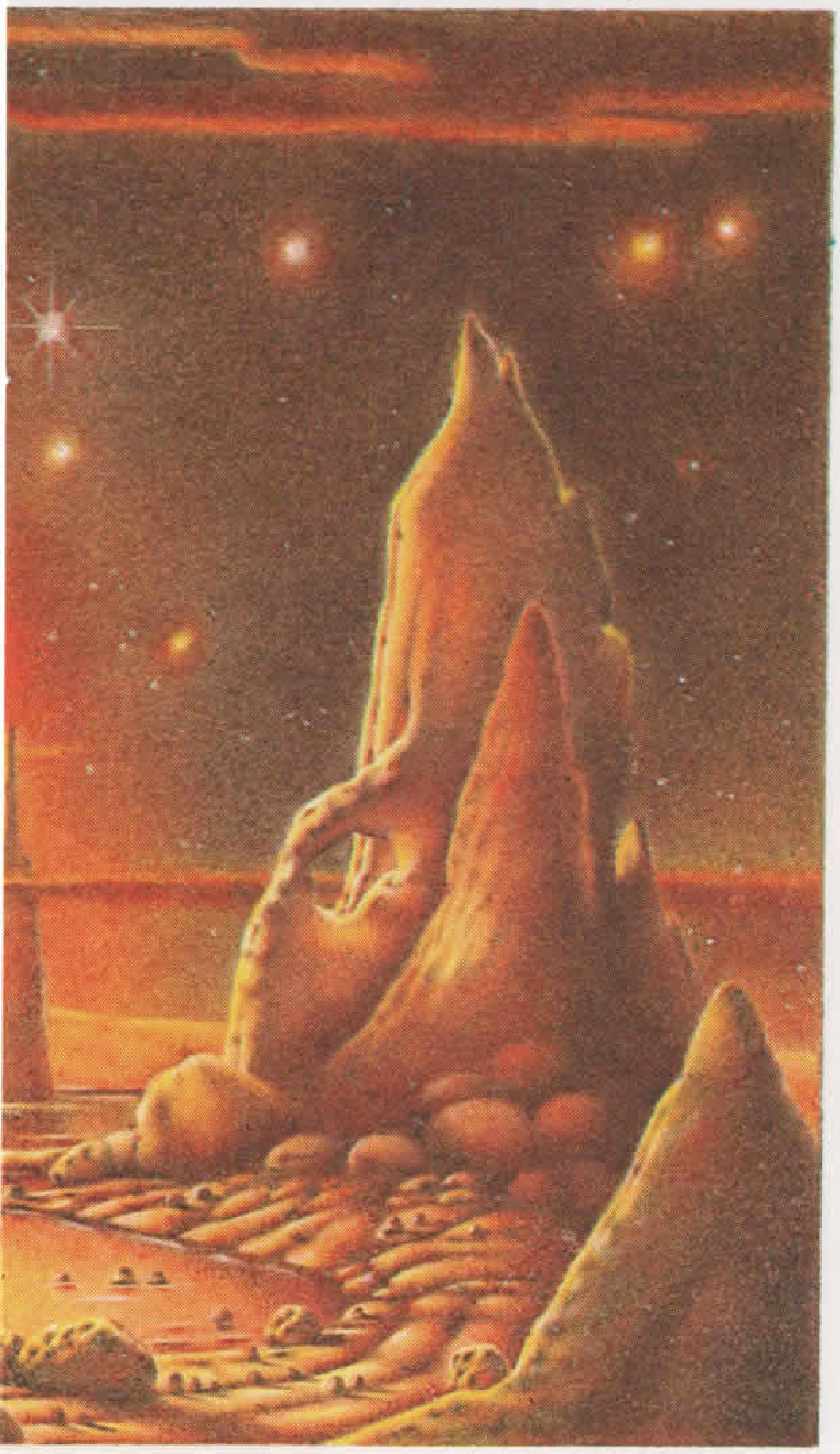
Conforme contêm mais ou menos gases *do que o Sol, as estrelas têm destinos muito diferentes. Após o período chamado T Tauri (2), em que tomam a forma esférica a partir de uma nuvem de hidrogénio (1), começam a brilhar como brilha actualmente o nosso Sol; as mais jovens continuam envoltas em gases não absorvidos, como as Plêiades (3). Uma pequena estrela, como o nosso Sol, envelhecerá lentamente (10 mil milhões de anos) antes de se tornar gigante vermelha (5 e 6) e depois anã branca (7). As mais volumosas transformam-se em gigantes azuis (8) que consumirão rapidamente o seu hidrogénio (em menos de mil milhões de anos) e depois explodirão em supernovas (9); os gases ejectados nesta ocasião irão alimentar as novas nebulosas, enquanto o núcleo da estrela se despedaçará em pulsar, ou até em buraco negro (11).*

O céu, *tal como deve ser visto do solo de um planeta girando em volta de uma estrela vizinha.*



gelados, embora a sua vida se cifre geralmente em milhares de milhões de anos. Nascem, evoluem e morrem, um pouco como os seres vivos. O seu destino depende, antes de tudo, de uma coisa: o seu tamanho original.

As mais pequenas vivem muito tempo (mais de 10 mil milhões de anos). Em contrapartida, as maiores desaparecem em apenas alguns milhões de anos, depois de terem queimado todas as reservas. Estas últimas conhecem frequentemente uma morte por explosão e formam supernovas.



O Sol, nem muito pequeno nem muito grande, terá uma vida bastante pouco agitada. Encontra-se actualmente perto do meio da sua evolução. Os astrónomos consideram, como vimos, que lhe restam ainda 5 a 7 mil milhões de anos de vida.

Perto do fim, dilatar-se-á para englobar os quatro primeiros planetas, de Mercúrio a Marte. A superfície da Terra será então competamente calcinada. Depois contrair-se-á para se tornar uma anã branca, quer dizer, uma estrela degenerada não maior do que a Terra, e deverá permanecer neste estado pela noite dos tempos.

Estranhos «esqueletos»: os pulsares

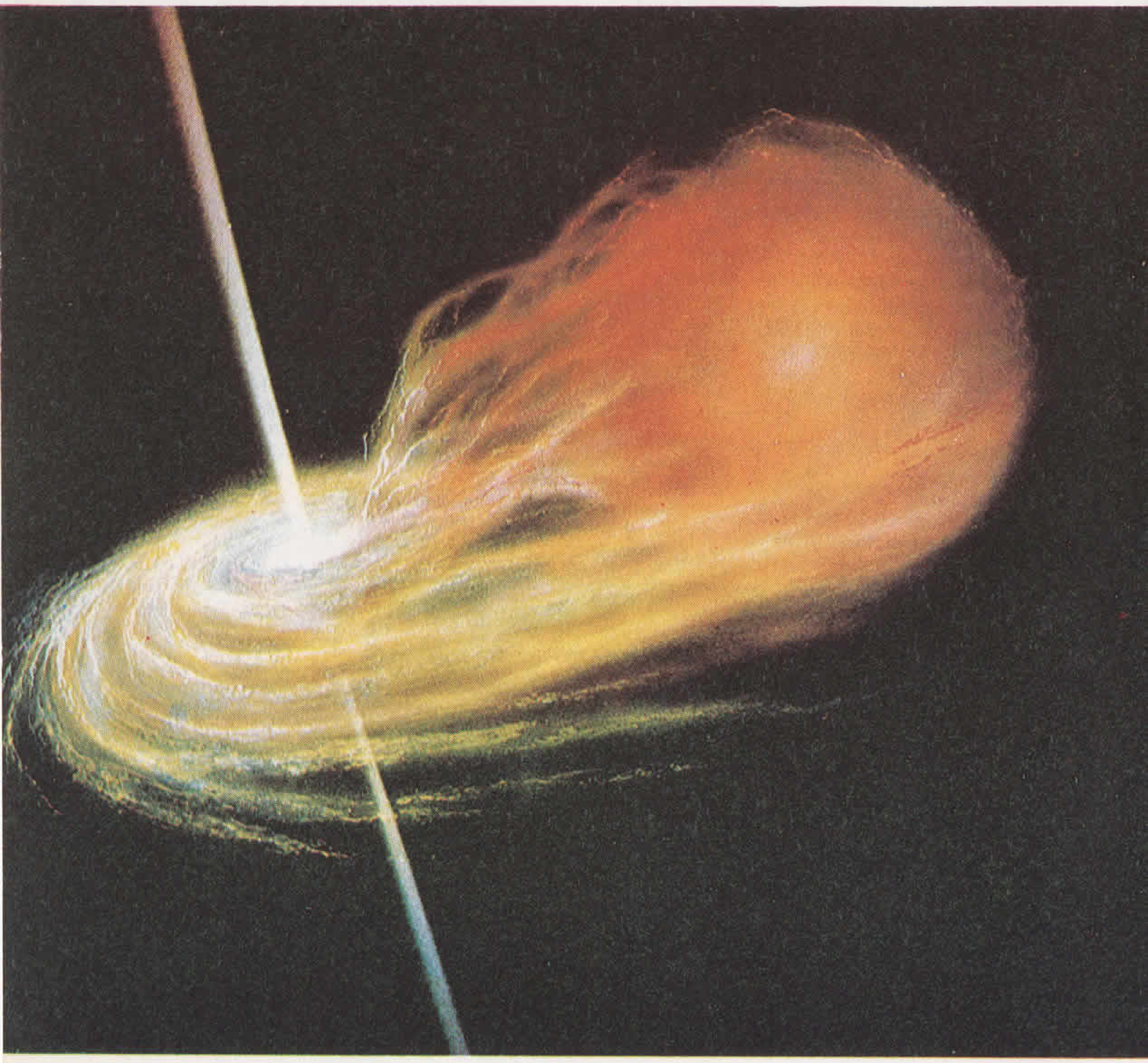
Quando a massa inicial da estrela é superior pelo menos em um terço à do Sol, assiste-se a um desenvolvimento diferente. Se, por exemplo, a quantidade de hidrogénio à partida é o dobro da que o nosso Sol possui, a estrela viverá somente mil milhões de anos, ou seja, dez vezes menos

tempo, e acabará por explodir em supernova.

O brilho da explosão é tão grande que a estrela se torna visível da Terra, mesmo em pleno dia, pois ela brilha tanto como mil milhões de sóis reunidos! Trata-se, no entanto, de um fenómeno raríssimo, tendo sido recenseadas somente oito explosões de supernovas desde o início da era cristã.

Após a explosão, a matéria da estrela espalha-se no espaço a alguns milhões de km/h. Mas no centro subsiste um núcleo extraordinariamente denso, que gira sobre si próprio a uma velocidade louca: várias voltas por segundo,

***Os buracos negros** seriam, de algum modo, abismos do espaço capazes de absorver os gases das estrelas das proximidades.*



enquanto o nosso Sol demora quase um mês para realizar uma volta. A radiação deste núcleo denso varre então o espaço como um farol descontrolado.

Estes astros surpreendentes são os pulsares, constituídos por uma matéria de tal modo comprimida que a sua densidade é 100 000 mil milhões de vezes superior à do Sol. Uma pequena parcela de pulsar do tamanho da cabeça de um alfinete pesaria, numa balança terrestre, o incrível peso de 400 000 toneladas, o equivalente a 10 000 carruagens de caminho-de-ferro!

«Canibais» entre as estrelas

Os astrónomos imaginam um destino ainda mais extraordinário para as estrelas que contêm à partida uma massa de hidrogénio 3 ou 4 vezes superior à do Sol.

Depois da explosão em supernova, a densidade do núcleo central seria tão grande que o pulsar se afundaria sob o seu próprio



***Avicena,** filósofo árabe do ano 1000, assinala a posição das estrelas.*

peso. Os neutrões, isto é, as partículas atómicas que o constituem, comportar-se-iam de certo modo como ovos que não se cessasse de empilhar uns sobre os outros: a partir de certo momento, os de baixo esmagar-se-iam sob o peso dos de cima. No caso de uma estrela, assiste-se assim a uma implosão, ou seja, uma explosão ao contrário, dirigida para o interior.

A matéria inicial contrai-se sempre mais, ocupando um volume cada vez mais pequeno, o que faz aumentar a sua densidade até ao infinito. Chega então o momento em que a força de atracção deste pequeno astro é tal que nem mesmo os fotões, isto é, as partículas de energia luminosa, conseguem já escapar-se. Ficam prisioneiros deste astro extraordinário, que retém a sua própria luz e se torna, contudo, invisível.

E, como um abismo, englobe toda a matéria.

Daí o nome que se deu a um tal abismo invisível: «buraco negro».

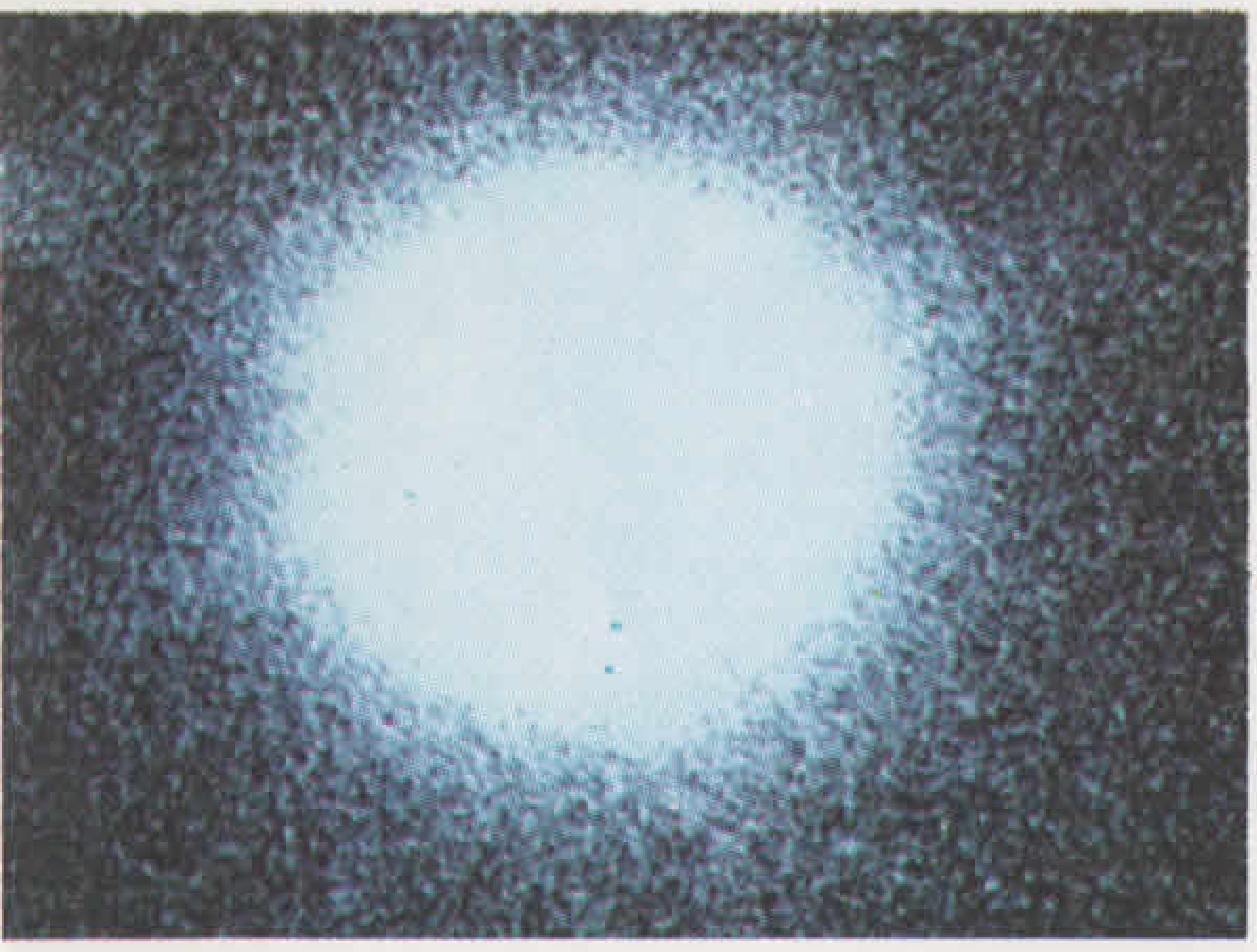
As galáxias do Cúmulo Local

Do mesmo modo que o Sol não passa de uma estrela perdida entre os 200 mil milhões de outras da Via Láctea, a nossa Galáxia é apenas uma vulgar galáxia entre mil milhões de outras.

Encontram-se galáxias anãs contendo «apenas» 10 mil milhões de estrelas! As suas formas são igualmente muito diversas, pois há galáxias lenticulares, elípticas, espirais fechadas e irregulares.

As galáxias não estão regularmente repartidas pelo Universo. Verificou-se, com efeito, que elas se agrupam em cúmulos, e que estes cúmulos se agrupam, por sua vez, formando «supercúmulos». A nossa Galáxia pertence a um pequeno cúmulo que

Os astros mais distantes *são os quasares, que correspondem sem dúvida a núcleos de galáxias primitivas. Têm o tamanho de uma grande estrela, mas irradiam tanta energia como milhares de milhões de estrelas reunidas. Os mais próximos encontram-se a mais de 2 mil milhões de anos-luz de nós.*



inclui uma trintena de outros: é o Cúmulo Local ou Grupo Local.

Este Cúmulo Local é dominado essencialmente por duas grandes galáxias: a nossa e a de Andrómeda (M 31).

Esta é a única que pode ver-se a olho nu no hemisfério Norte, aparecendo como uma pequena mancha difusa na constelação com o mesmo nome.

Entre as duas, abarcam três quartos de cerca de 800 mil milhões de estrelas que contêm as 28 galáxias recenseadas no Grupo Local.

Mas existem galáxias muito mais importantes no Universo.

A mais importante é, sem dúvida, a da Virgem, a que se chama também o cúmulo Virgo, situada a 45 milhões de anos-luz da Terra. Contaram-se neste cúmulo cerca de 3000 galáxias, ou seja, cem vezes mais do que no Grupo Local.

A nossa Galáxia tem uma forma espiralada, *mas outras têm formas diferentes: elípticas ou lenticulares, por exemplo.*



Nas fronteiras do Universo

Se exceptuarmos as Nuvens de Magalhães, duas pequenas galáxias satélites da nossa, a mais próxima das grandes galáxias está a 2 250 000 anos-luz da Terra. Trata-se da M 31 de Andrómeda. É também o astro mais distante que podemos ver a olho nu: 21 mil milhões de milhões de quilómetros! As galáxias do cúmulo da Virgem situam-se, como vimos, a 45 milhões de anos-luz, mas existem outras ainda mais distantes. Os astrónomos localizaram, em fotografias tiradas com os maiores telescópios, galáxias cuja distância se avizinha do milhar de milhões de anos-luz.

Mais além, observam-se astros de outra natureza, que foram tomados a princípio por estrelas, mas que se verificou emitirem uma energia extraordinária, equivalente àquela de alguns milhares de milhões de estrelas reunidas. Foram baptizadas de quasares, contracção da expressão americana *«quasistars»* (quase-estrelas). A penetração do nosso olhar no Universo depende de duas coisas: do diâmetro dos espelhos dos telescópios e da sensibilidade das chapas fotográficas ou das máquinas fotográficas electrónicas colocadas no foco destes telescópios. Quanto maior é o espelho melhor pode captar a luz, para a concentrar no foco onde se efectua a observação. Além disso, é necessário um dispositivo capaz de registar o pálido clarão dos astros distantes, que os nossos olhos nunca poderiam ver direc-



A grande galáxia de Andrómeda *é uma das mais próximas de nós. A sua parte central, muito abundante em estrelas, é suficientemente luminosa para ser vista a olho nu, como uma estrela difusa, quando o céu está bastante escuro.*

O vaivém espacial *que colocará em órbita, a 500 quilómetros de altitude, o grande telescópio espacial de 240 centímetros de diâmetro que deve revolucionar a observação astronómica.*



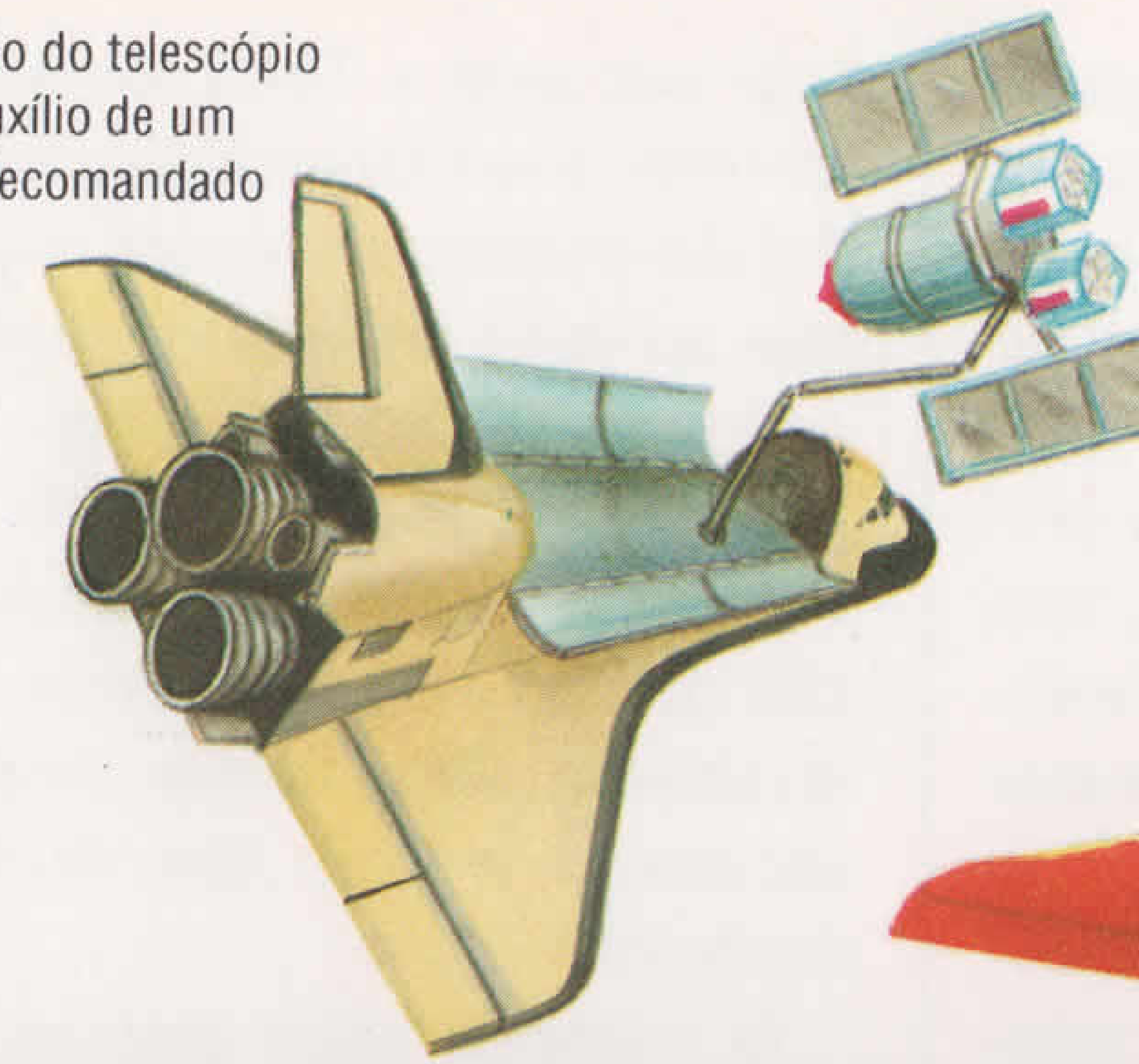
Largada dos foguetes de impulsão



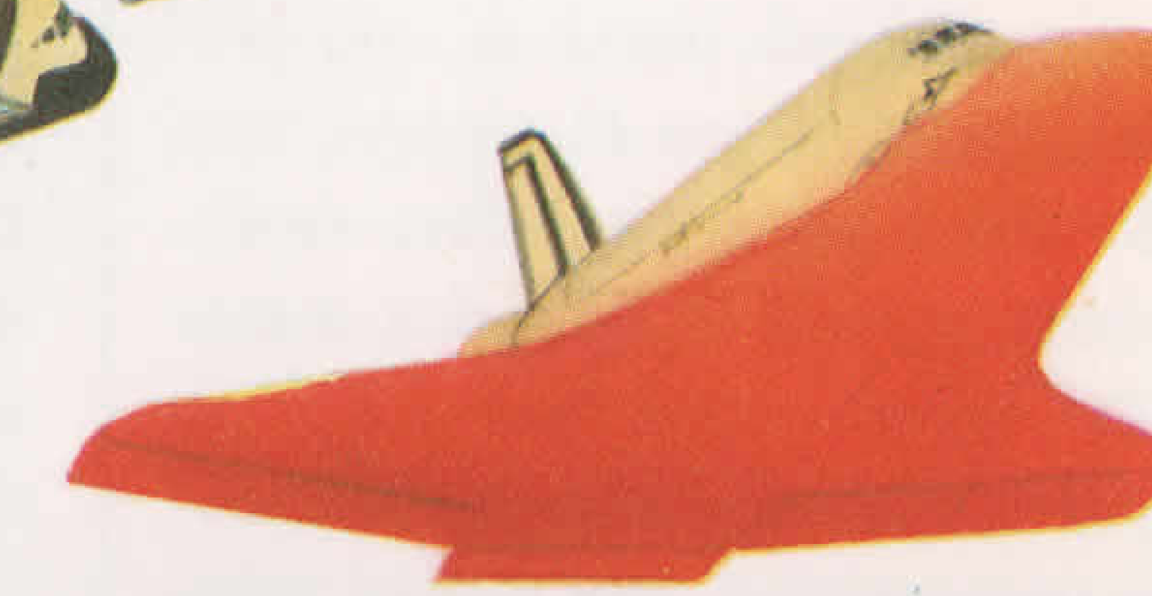
Separação do reservatório ventral e entrada em órbita



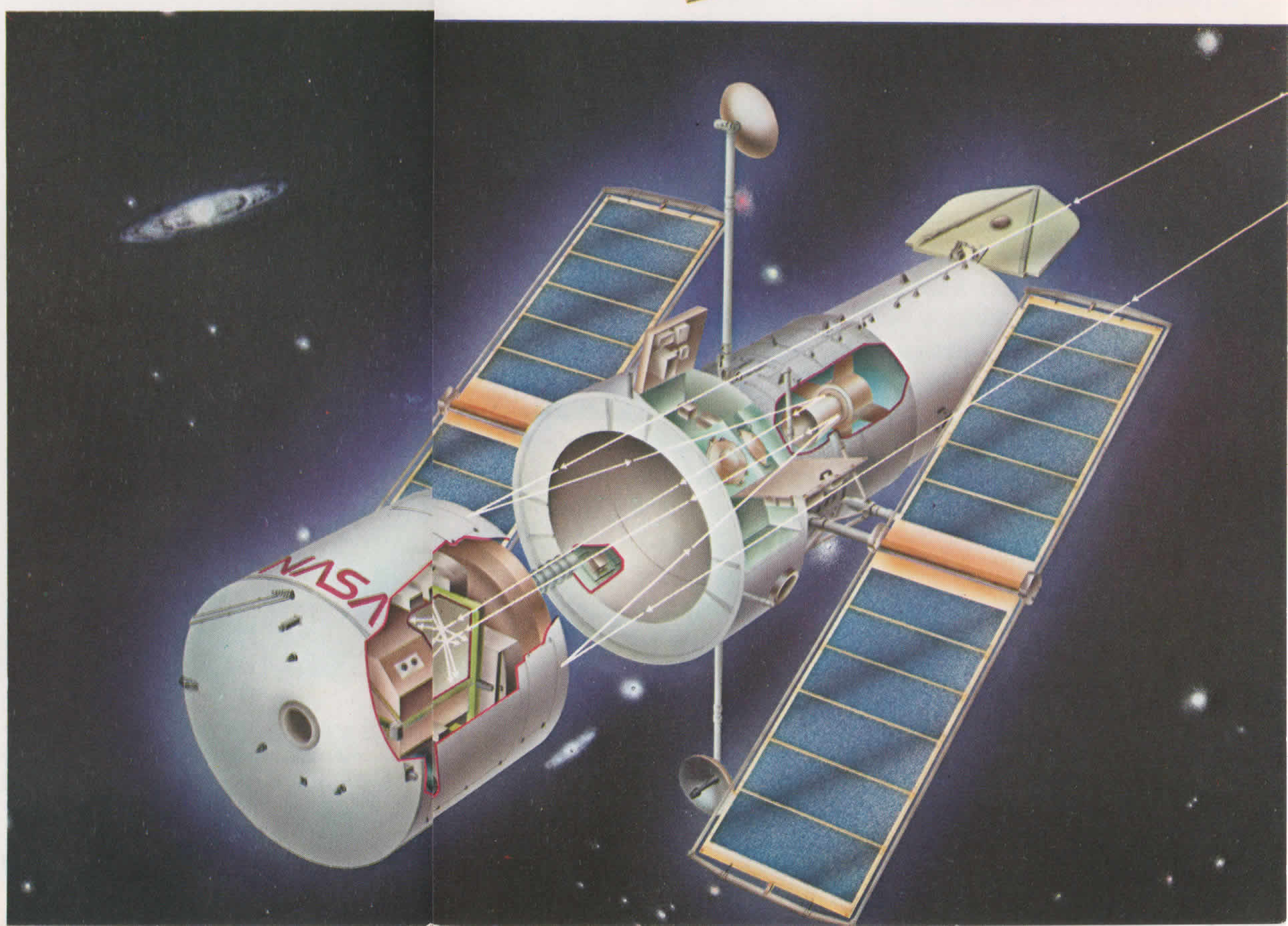
Lançamento da base de cabo Canaveral



Colocação do telescópio com o auxílio de um braço telecomandado



Regresso à atmosfera



tamente. Um telescópio gigante, que será colocado em órbita em torno da Terra por um vaivém espacial, a 500 quilómetros de altitude, permitirá ir ainda mais longe. Beneficiando do céu perfeitamente negro do espaço, fora do filtro que a atmosfera representa, deverá revelar-nos astros 100 vezes menos luminosos do que os mais distantes actualmente perceptíveis. Por outras palavras, os astrónomos poderão ver dez vezes mais longe do que actualmente...

Que descobriremos então? É muito difícil saber, tanto mais que o limite teórico do Universo se situa, ao que parece, a menos de 20 mil milhões de anos-luz. O telescópio espacial deverá «chegar» a uns 100 mil milhões de anos-luz. Em princípio, deveremos assistir, se não ao nascimento do Universo, pelo menos ao que se passou logo depois.

Que se verá? Esta pergunta suscita numerosos problemas...

Cada vez mais velho

As ideias do homem quanto ao seu lugar no Universo, assim como as dimensões e a idade deste evoluíram profundamente desde a Antiguidade. Sabe-se hoje que nem a Terra, como se acreditava na Idade Média, nem o Sol são o centro do mundo. Sabemos até que a nossa Galáxia pouco é na vastidão do cosmos.

Quanto à idade atribuída ao Universo, é evidente a verificação de que esta estimativa aumentou no decurso dos últimos séculos, e mesmo dos últimos decénios.

O primeiro valor preciso foi avançado, em 1658, pelo pastor irlandês James Usher, o qual, a partir de um estudo da Bíblia, fixou a origem do mundo em apenas 4000 anos antes de Cristo.

Depois, as descobertas paleontológicas do século passado recuaram a idade da Terra para 2 mil milhões de anos.

Nos anos que se seguiram, os geólogos concordaram em considerar que a Terra tinha 4,5 mil milhões de anos. Como o nosso planeta não podia ser mais antigo do que o próprio Universo, foi necessário reconsiderar as estimativas feitas. Medições mais precisas da velocidade de fuga das galáxias, a partir de 1960, permitiram situar em cerca de 15 mil milhões de anos atrás a origem do Universo, mas... com um erro possível de 5 mil milhões de anos. Como se vê, a imprecisão é ainda grande.

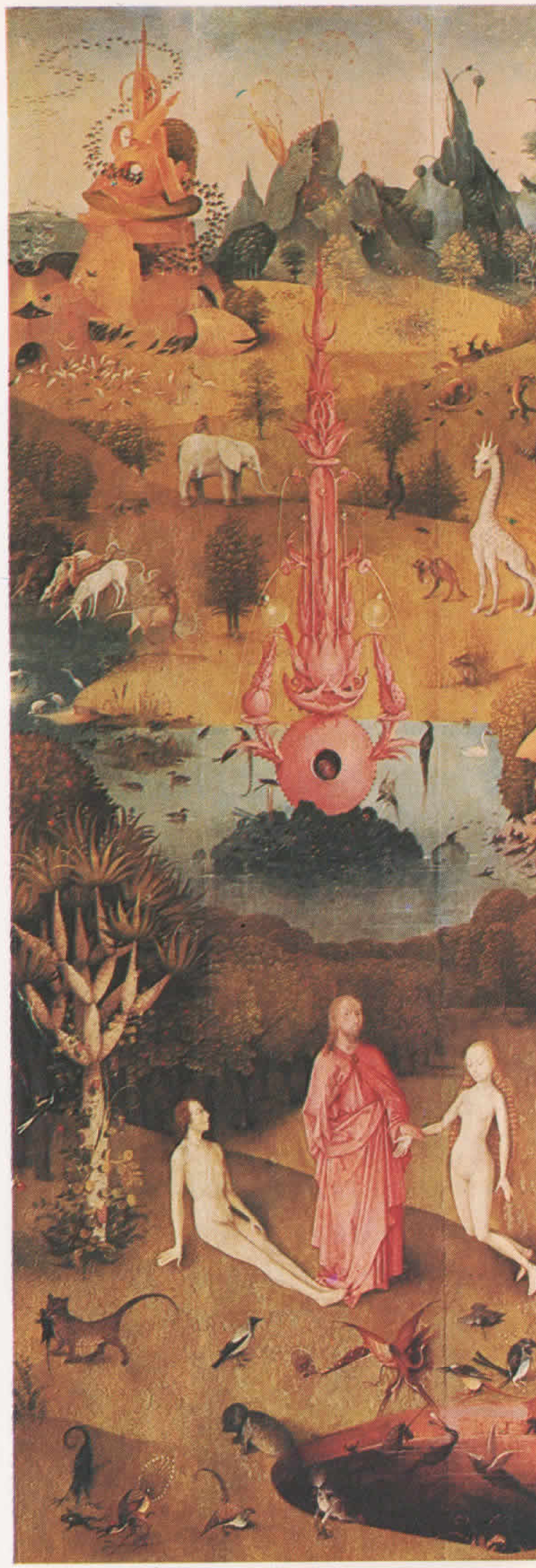
No princípio: um grande «bum»!

As actuais teorias sobre a origem do Universo não têm mais de meio século de existência e dividem-se em dois grandes grupos.

A do Universo estático, em criação contínua, proposta pelos astrónomos ingleses Fred Hoyle, Thomas Gold e Hermann Bondi, em 1948. Segundo a sua teoria, o espaço existe desde sempre e existirá sempre. Por outras palavras, é ilimitado.

A do Universo em expansão, nascido da explosão de um pequeno núcleo original. É a que se chama o «modelo do Big Bang» (ou grande «bum»), proposto pela primeira vez por um astrónomo belga, o abade Georges Lemaître, em 1927.

O fenómeno de afastamento das galáxias, e a descoberta, em 1965, de um ruído de fundo cósmico que seria o resíduo daquela explosão original, fizeram pender muito nitidamente a balança em favor da hipótese do Big Bang. Esta é hoje sustentada pela maioria dos astrónomos.



***Hieronymus Bosch** pintou, no século* XV, *o Paraíso terrestre. Todas as religiões têm a sua concepção da origem do Universo.*



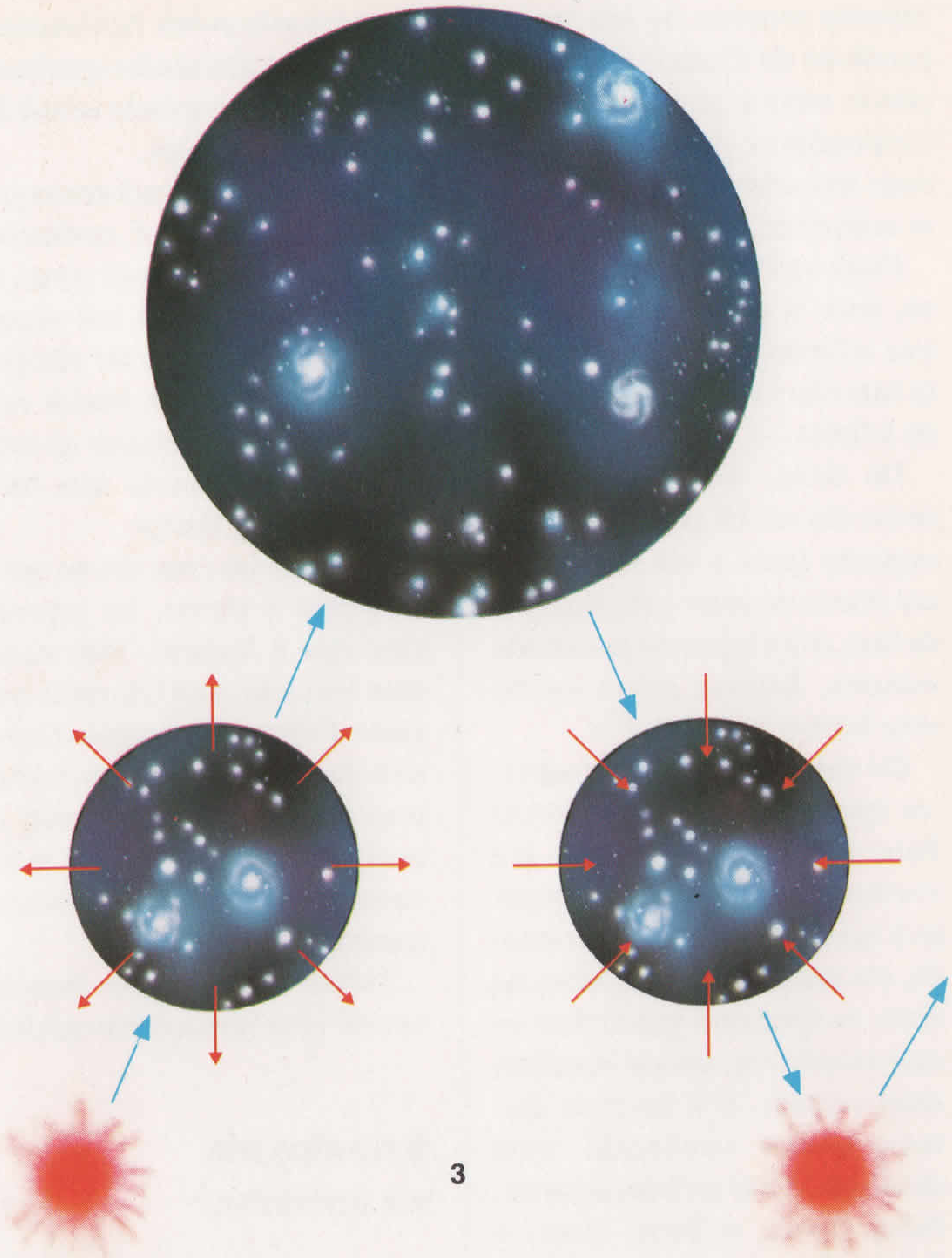
1

O Universo seria então semelhante a um balão que se sopra, e na superfície do qual se tivessem colado «papelinhos» representando as galáxias. À medida que a expansão prossegue, os «papelinhos» afastam-se uns dos outros: é o que se verifica com as galáxias. O interior corresponde ao passado (quer dizer, à posição que ocupava o balão-Universo um instante antes), enquanto o exterior equivale ao futuro (isto é, à posição que ocupará um pouco mais tarde). O raio do balão é susceptível de se assimilar à dimensão do tempo, que é de sentido único, do passado para o futuro.

Imaginem um correio a cavalo que, partindo de Marselha, subisse o vale do Ródano para se dirigir a Paris, recolhendo correspondência ao longo do percurso. À sua chegada, o correspondente parisiense terá assim notícias



2



Três hipóteses *tentam explicar a origem e a evolução do Universo: a do Universo em criação permanente (à esquerda), que sempre existiu e sempre existirá; a do Universo em expansão indefinida, nascido de uma explosão original (ao centro), e a do Universo cíclico (em cima) que um dia cessará de se expandir para se contrair.*

bastante recentes do seu correspondente de Fontainebleau, um pouco menos recentes do correspondente de Lião e ainda mais atrasadas do correspondente marselhês.

Passa-se o mesmo no Universo, onde o mensageiro que nos traz informações sobre os astros (a luz) não viaja a uma velocidade infinita.

De facto, vemos a Lua tal como ela era há pouco mais um segundo (pois a sua distância é um pouco superior a um segundo de luz), o Sol tal como era há oito minutos, Saturno como era há uma hora e meia, etc.

Do mesmo modo, deve saber-se que quando a luz da Estrela Polar chega aos nossos olhos, já é «velha» de cinco séculos. Quanto à luz da galáxia de Andrómeda, ela partiu há dois milhões de anos, na época em que viviam os australopitecos, nossos distantes antepassados. E a do mais distante quasar conhecido viaja desde há 13 mil milhões de anos. Nessa época, a Terra, como o Sol, ainda não tinham sido formados...

E o futuro do Universo?

Os astrónomos estão divididos quanto a este ponto. Apresentam-se duas possibilidades igualmente plausíveis no estado actual das nossas observações.

Ou o Universo está em expansão indefinida, isto é, continua a expandir-se sem nunca parar, ou então irá abrandar a sua expansão, parar depois de ter atingido um certo volume e iniciar uma contracção até regressar ao estado superconcentrado que tinha antes do «Big Bang».

No primeiro caso diz-se que o Universo é aberto, no segundo caso que é fechado. Mas existe uma variante: a do Universo pulsante. Porque não imaginar, após este regresso ao estado inicial, uma nova explosão, seguida de uma outra contracção, e assim sucessivamente, num ciclo eternamente recomeçado?

Talvez o telescópio espacial nos dê uma resposta categórica.

Estamos sós no universo?

As sondas espaciais que sobrevoaram os diversos planetas do sistema solar e pousaram em alguns deles revelaram-nos que havia vida apenas na Terra. Isto não impede que se possa imaginar a existência de seres vivos em

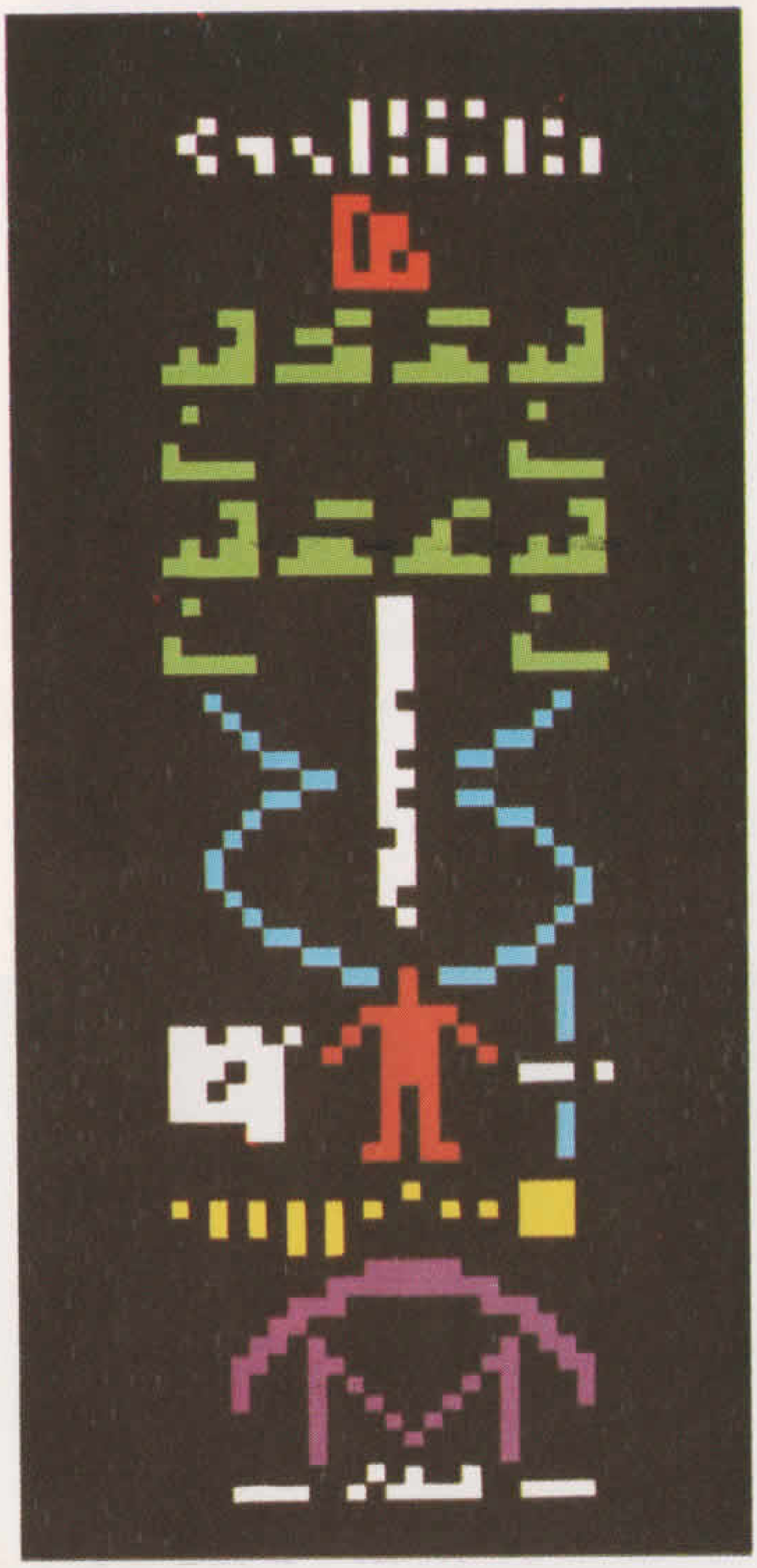
planetas que girem à volta de outras estrelas.

Entretanto, para já, não dispomos de qualquer meio para ver directamente estes planetas (isto será possível com o futuro telescópio espacial) e ainda menos detectar a vida à distância. A menos que em alguns destes planetas tenham aparecido civilizações bastante semelhantes à nossa, capazes de enviar mensagens rádio pelo espaço.

Esta a razão por que, em 1960, o americano Franck Drake pôs de pé o programa «Ozma». Este consiste em apontar radiotelescópios para certas estrelas próximas e bastante parecidas com o Sol, na esperança de receber uma mensagem «inteligente». Desde esta primeira experiência houve

Autores de ficção científica, *como Pierre Boulle em* O Planeta dos Macacos, *imaginaram viagens à velocidade da luz.*

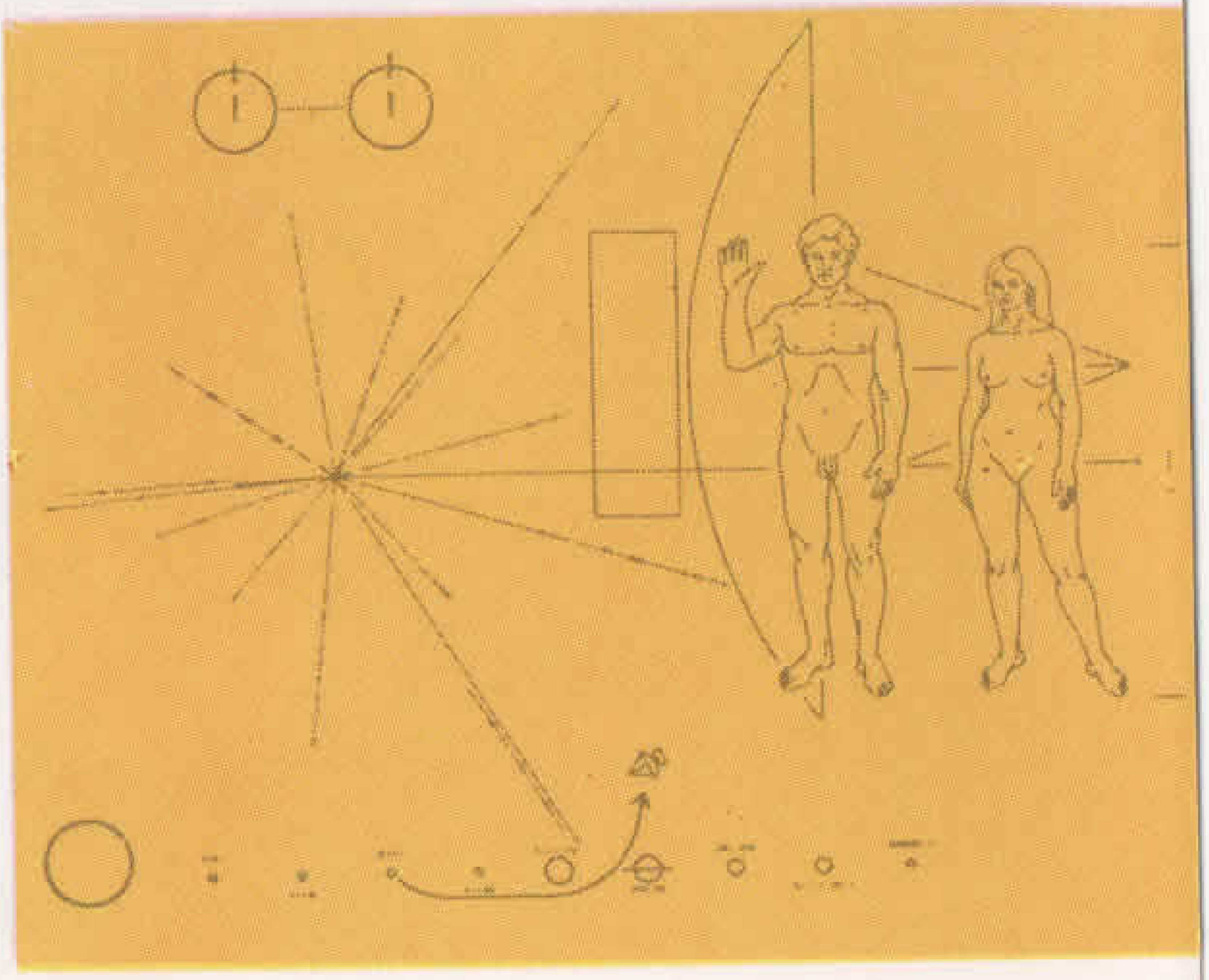




outras 35 tentativas, utilizando uma dezena de antenas diferentes, não só nos Estados Unidos, mas também na União Soviética, no Canadá e em França.

Depois de 5000 horas de escuta em direcção a 600 estrelas diferentes, nenhuma mensagem artificial foi ainda recebida. Mas este tipo de pesquisa prossegue.

Deve assinalar-se que os terrenos emitiram por sua vez uma mensagem de 3 minutos, expedida pelos Americanos em direcção ao cúmulo globular de Hércules, graças ao radiotelescópio de Arecibo, instalado na ilha de Porto Rico. Mas como este cúmulo estelar se situa a cerca de 25 000 anos-luz de distância e as ondas de rádio viajam à mesma velocidade que a luz, apenas receberemos um aviso de recepção daqui a 50 000 anos! Só este número diz bem do nosso isolamento no vasto Universo.



Já foram enviadas mensagens para o espaço: *em 1974 (em cima) uma mensagem rádio que, uma vez descodificada, dá esta representação onde se distingue a silhueta estilizada de um ser humano. E, em 1973, esta placa fixada na sonda espacial* Pioneer 10, *onde se vê um casal de seres terrenos, assim como um esquema do sistema solar. A* Pioneer *deixou o sistema solar em Junho de 1983.*

Índice remissivo

Os números em itálico referem-se às ilustrações.

Sumário

Fontes iconográficas

J.-P. Allard: 20-21. Altintas: 65. P. Avérous: 53B. C. Beylier: 10, 11. Gamma: 3. M. Gilles: 7, 19D, 47, 51, 68-69. Giraudon/Garanger: 71. D. Grant: 4, 15. Hale Observatoires: 29H. Hermange: 58-59. P. Joubert: *A Vida Privada dos Homens: no Tempo dos Maias, Astecas e Incas*, 20. Kubosa//Pacific Press Service: 10-11. Col. Marigny/Paramount: 75. C & D. Millet: 45 (extracto de *A Vida Privada dos Homens: no Tempo dos Mosqueteiros*). NASA: 2, 24, 25B, 39B, 68. Pour la Science//Observatório Nacional de Kilt Peak: 56. Rapho/Everts: 6. Sté Astronomique de Suiss: 55. Sygma//Tiziou, Nasa: 31. Tosun Sedat: 63. USIS: 9B, 23, 25H, 40. Desenho extraído de Tout L'UNIVERS: Diagram Visual Information Ltd, Londres: 33.

Título original: La Terre, l'Univers et la conquête de l'Espace

Tradução de: Maria Teresa Galvão
Composição: Maria Esther – Gabinete de Fotocomposição
Impresso em offset por: Printer Portuguesa
Acabou de imprimir-se em
Depósito Legal n.º 28661 / 89
ISBN 972-25-0440-1

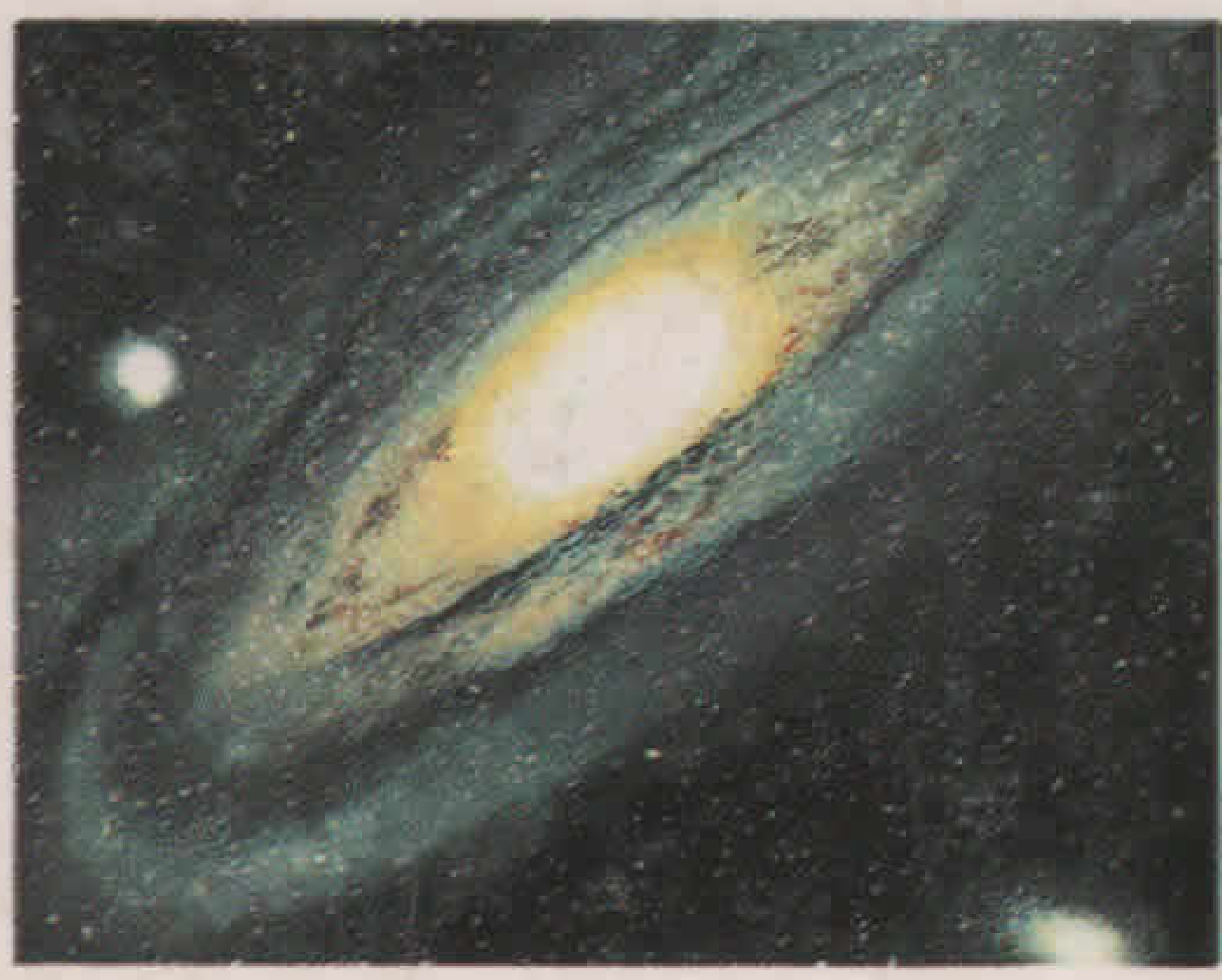
A TERRA,

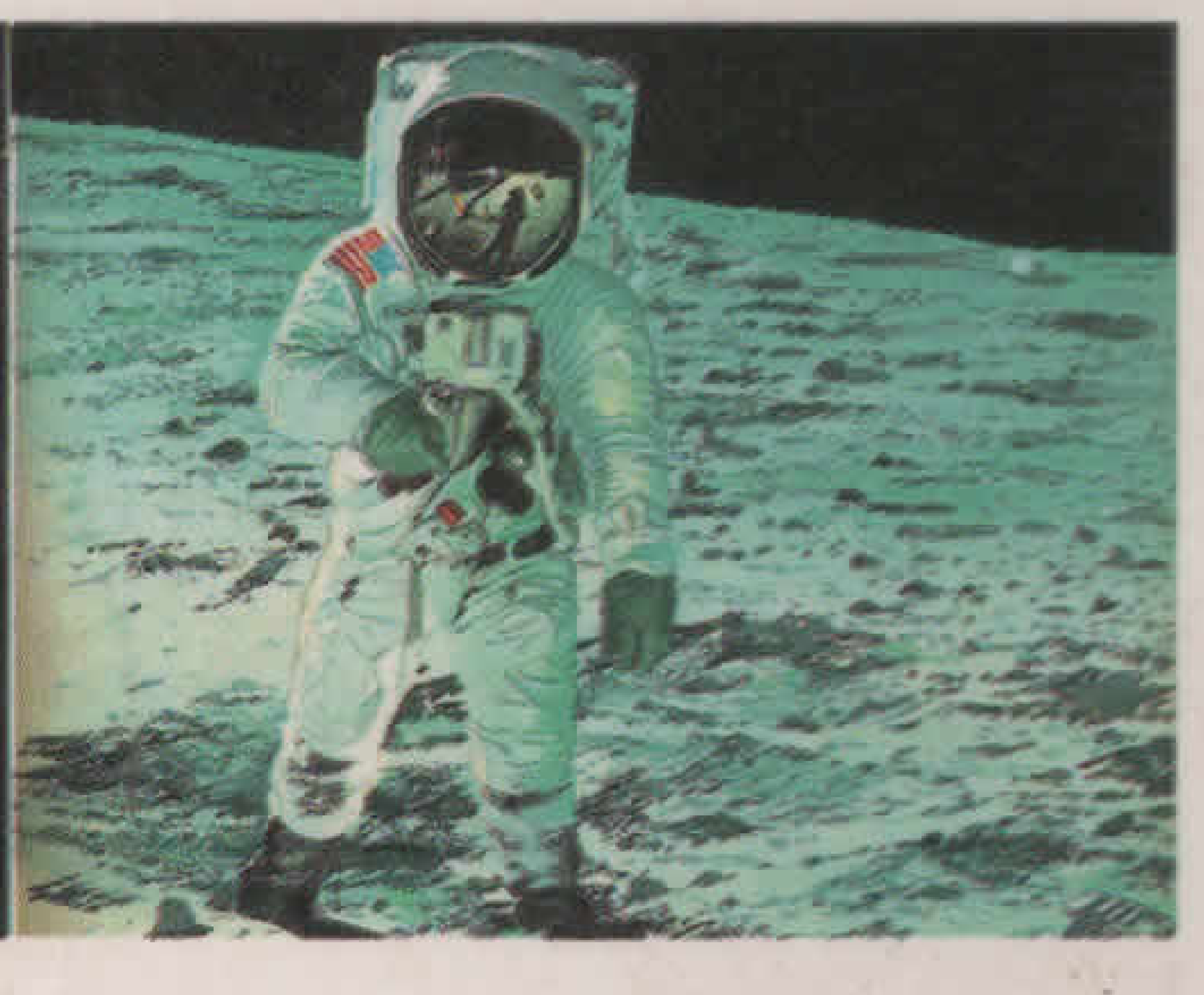
O UNIVERSO

E A CONQUISTA DO ESPAÇO

Um panorama das descobertas da astronomia e perspectivas abertas pela conquista do espaço.

Viagem ao centro da Terra • O nascimento do sistema solar • A Lua • Foguetes e sondas espaciais • Mercúrio, Vénus, Mart • Saturno e os planetas gigantes • Asteróides, meteoros e cometas • A nossa estrela: o Sol • A Via Láctea • Que é uma nebulosa? Biliões de biliões de estrelas: as galáxias • Quasares e pulsares • Os «canibais»: os buracos negros • Os extraterrestres existem? • Os voos tripulados • A caminho das grandes descobertas: o telescópio espacial • O «Big Bang» • A idade do Universo...





ISBN 972-25-0440-1